كتاب العربية
15

د. كلفورد أ. بكوفر

رواد المعرفة عبر القرون

من أرخميدس حتى هاوكينج



الجزء الأول

ترجمة

د. إيمان نوري الجنابي

1432 هـ - 2011م

بسم الله الرحمن الرحيم

الجزء الأول

رواد المعرفة عبر القرون

من أرخميدس حتى هاوكنج

ⓒ وزارة الثقافة والإعلام، المجلة العربية، 1432هـ
فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
بكوفر، كلفورد أ.
رواد العلم عبر القرون من أرخميدس حتى هاوكنج/ كلفورد أ.
بكوفر . الرياض، 1432هـ
3 مج.
1076ص ؛ 23.5x15.5 سم
ردمك 978_603_8079_02_7 (مجموعة)
978_603_8079_05_8 (ج3)
1 ـ العلماء 2 ـ العلوم ـ تراجم أ. العنوان
ديوي 925 1432/820

رقم الإيداع: 1432/820
ردمك: 978_603_8079_02_7 (مجموعة)
978_603_8079_05_8 (ج3)

قوانين العلوم والعقول الجبارة التي أبدعتها

ARCHIMEDES
TO HAWKING
CLIFFORD A.
PICKOVER
Oxford
UNIVERSITY PRESS
2008

رواد المعرفة عبر القرون

من أرخميدس حتى هاوكنج

تأليف

د. كلفورد أ. بكوفر

ترجمة

الدكتور إيمان نوري الجنابي

الطبعة الأولى

1432هـ - 2011 م

كتاب العربي

15

كتاب العربية

15

رئيس التحرير

د. عثمان الصيني

www.arabicmagazine.com

لمراسلة المجلة على الإنترنت

info@arabicmagazine.com

الرياض: طريق صلاح الدين الأيوبي (الستين) - شارع المنفلوطي

تليفون: 4778990-1-966 فاكس: 4766464-1-966

ص.ب 5973 الرياض 11432

فهرس الكتاب ومحتوياته

– أنـا لا أوافـق الرأي القائل بأن الكـون لغز مبهم... فمثل هذا الرأي لا ينصـف الخطوة الجبارة التي خطتها الثورة العلمية التي بدأت منذ أربعة قرون على يد (غاليليو) والتي دفعها (نيوتن) بحزم إلى الأمام. لقد أثبت تينك العالمان ومن جاء بعدهما من الأفذاذ بأن الكون (أو جوانب واسـعة منه على الأقل) لابد وأن تخضـع لتفسـير القوانين الرياضـية في تصرفها. لقد قمنا عبر السنين بالاسـتفادة من أعمال وأفكار العملاقين (غاليليو) و(نيوتن)... فصارت في حوزتنا كافة القوانين التي تحكم كل ما يحيط بنا... أو نكاد!
هاوكنج
- من كتابه : الثقوب السوداء والأكوان الفتية ومقالات أخرى.
Stephen Hawking، Black Holes and Baby Universes and other Essays.

ضمـت مقدمة الكتـاب أمهات القوانـين ؛ نصوصهـا وتعاريفها وشرحهـا وسيرة حياة مكتشفيها، وعلاقة العلم بالتدين والفرق بين القوانين والنظريات وفكرة عن التوزيع الجغرافي لمسقط رأس مبدعيها، وضم فهرست الكتاب المداخل التالية:

الباب الأول

الباب الثـــــاني

الفصل الأول

(250ق.م – 1700م)

الفصل الثاني

القرن الثامن عشر (1700 - 1800)

الفصل الثالث

القرن التاسع عشر - (1800 - 1900)

الفصـــل الـــرابـــع

القرن العشرون وما بعـــده –(2000 - ...)

الباب الثـالــث

وهم الأفـذاذ الذين استطاعـوا أن يباروا مبدعي القـوانين

و مكـتشـفيها بوضـع التصـانيـف الأكـثر قبولاً لمجموعـة

القـوانين الخـالدة التكميلـيـة والحاملـة – إلى الأبـد – لأسـمائهم

الفصل الأول

قوانين الحقبة الزمنية (1600 - 1700)

الفصل الثاني

قوانين الحقبة الزمنية (1700 - 1800)

الفصل الثالث

قوانين الحقبة الزمنية (1800 - 1900)

الفصل الرابع

القرن العشرون (1900 ... وما بعده)

الباب الرابع

الفصل الأول

- مسك الختام -

الفصل الثاني

كتب مختارة من مؤلفات
د. كلفورد أ. بكوفر

اختبار كشف الذكاء للمخلوقات الفضائية

دليل المبتدئين نحو الخلود

دليل المسافر إلى الثقوب السوداء

التفاضل والتكامل والبيتزا

الفوضى والتجزُّئية

الفوضى في بلاد العجائب

الحواسيب والنماذج والفوضى والجمال

الحواسيب وملكة الخيال

أصول الإخفاء : الشفرات والكتابة السرية

الحلم بالمستقبل

الصحة في المستقبل

الآفاق التجزُّئية واستخداماتها المستقبلية

مشارف المنظور العلمي

الفتاة التي ولدت أرانبا

الفيروس السماوي

اللانهائية ومفاتيحها

نادي إزالة الفصوص الدماغية

المنوال الإلهي

الرياضيات الغريبة

متاهات الفكر : الحواسيب واللامتوقع

شريط – (موبيس)

متناقضة الوجود الإلهي والعلم الكوني

الهيام بالرياضيات

الكتاب النموذجي للتجزُّئية والفن والطبيعة

علم المخلوقات الفضائية

الجنس والمخدرات وأينشتين وألفس برسلي

أرجل العناكب (بمشاركة بيرز أنثوني)

التناظر الحلزوني (بمشاركة أستيفان هاركيتي)

العبقرية وأدمغتها الغريبة

(السوشي) لا تنام أبدا

نجوم الفردوس

التزحلق خلال الفضاء اللامتناهي

مرشد المسافرين عبر الزمن

منظورنا للمستقبل

تصور المعلومات البيولوجية

عجائب الارقام

(زين) والمربعات والدوائر والنجوم السحرية

ولتوخي الدقة في البحث وإيجاد الكتب أعلاه ولإكمال الفائدة في الاطلاع على تفاصيلها، ارتأيت أن أُدرج عناوينها كما جاءت في صدر الكتاب وبلغتها الأصلية كما يلي :

SELECTED BOOKS BY CLIFFORD A PICKOVER

The Alien IQ Test
A Beginner's Guide to Immortality
Black Holes: A Traveler's Guide
Calculus and Pizza
Chaos and Fractals
Chaos in Wonderland
Computers, Pattern, Chaos, and Beauty
Computers and the Imagination
Cryptorunes : Codes and Secret Writing
Dreaming the Future
Future Health
Fractal Horizons : The Future Use of Fractals
Frontiers of Scientific Visualization
The Girl Who Gave Birth to Rabbits
The Heaven Virus
Keys to Infinity
The Lobotomy Club
The Loom of God
The Mathematics of Oz
Mazes for the Mind : Computers and the Unexpected
The Mobius Strip
The Paradox of God and the Science of Omniscience
A Passion for Mathematics
The Pattern Book: Fractals, Art, and Nature
The Science of Aliens
Sex, Drugs, Einstein, and Elves
Spider Legs (with Piers Anthony)
Spiral Symmetry (with Istvan Hargittai)
Strange Brains and Genius
Sushi Never Sleeps
The Stars of Heaven
Surfing Through Hyperspace
Time: A Traveler's Guide
Visions of the Future
Visualizing Biological Information
Wonders of Numbers
The Zen of Magic Squares, Circles, and Stars

رواد المعرفة عبر القرون

من أرخميدس حتى هاوكنج

تأليف

الدكتوركلفورد أ. بكوفر

ترجمة

الدكتور إيمان نوري الجنابي

إكسفورد

مطبعة إكسفورد

2008



Babylonian ancient Tablets Reveals Sophisticated Mathematical Achievements.

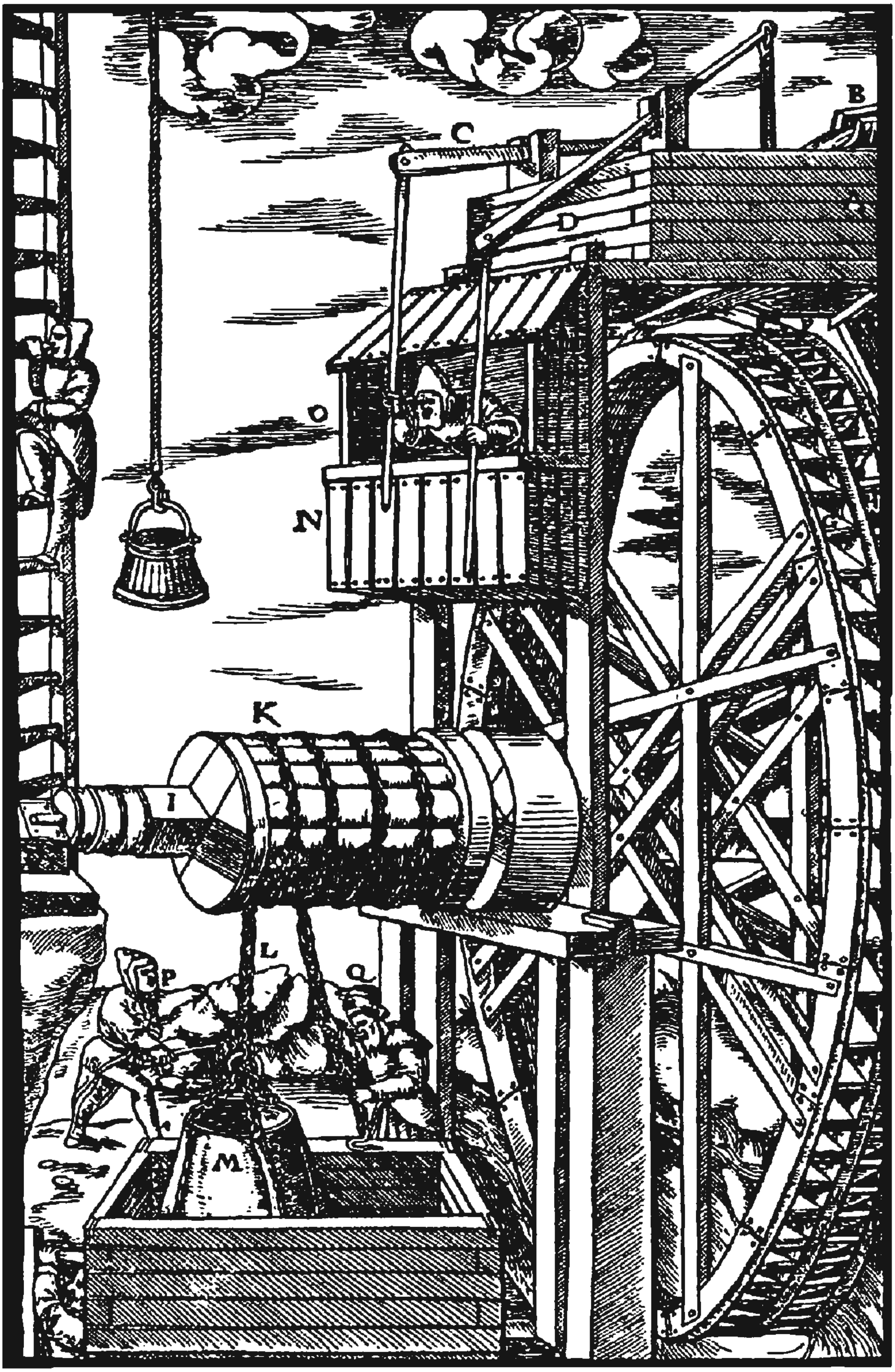
إضافة المترجم

القطعة رقم [Yale Babylonian Collection – YBC 7289] ضمن مجموعة جامعة (ييل – Yale) للرقم البابلية القديمة، وتمثل نموذجاً من الصلصال النقي نقشت عليه بالكتابة المسمارية، ما عرف لاحقاً بـ (نظرية فيثاغورس – Pythagorean Theorem)[1] إضافة إلى أرقام حسابية تمثل تقريباً صحيحاً للجذر التربيعي للرقم اثنين (2) يعود تاريخها إلى حوالي القرنين التاسع عشر والسابع عشر قبل الميلاد. (صورة خاصة بـ West Semitic Research) من معروضات (معهد دراسات العالم القديم – ISAW

(Institute for Study of the Ancieut world)

لدى افتتاحه في جامعة نيويورك (New York University) يوم الثاني عشر من شهر نوفمبر (تشرين ثان) عام 2010م.

(1) وهي العلاقة الهندسية التي تربط مساحات المربعات المقامة على أضلاع المثلث القائم الزاوية في نطاق (الهندسة الإقليدية التقليدية)، وتنص على مساواة مساحة المربع المقام على وتر مثلث قائم الزاوية لحاصل جمع مساحتي المربعين المقامين على ضلعية الآخرين، ($a^2 + b^2 = c^2$). سميت باسم الفيلسوف والرياضي الإغريقي [فيثاغورس (570 – 495 ق . م) Pythagoras the Sami] ونسبت إليه مع إثباتها رغم الجدل والإثبات العلمي بأن المعرفة بها كانت قد سبقته. (المترجم).


B
C
D
O
N
K
I
L
P
Q
M

لعلـه من البديهـي أن الطبيعة لم تكشف كل أسرارها للإنسان منـذ الأزل، وإنما أعطته غاية الإمكانيات ووفرت له كافة الفرص لاكتشاف كل ما خفي عليه في كونه الذي يحيط به ... تدريجياً

-Xenophanes of Colophon (C. 500B.C)[1]



(1) فيلسوف وشاعر ومُنظِّر اجتماعي وديني يوناني عاش في الفترة من (570 حتى 480 ق.م) في اليونان وكان السباق في رفض فكـرة تعـدد الآلهة واتخاذها شكل وتصرف البشر، آمن بالتوحيد وبإمكانية حفـظ المعرفة ونشرها خارج حدود بلاده والعمل على المحافظة عليها حتى بعد زوال واضعيها ودولهم – (المترجم) .

- لا يمكنني تغيير قوانين الفيزياء يا كابتن !!

سكوت لكابتن كيرك في المسلسل التلفزيوني (ستار ترك)

- Scotty Montgomery- Scott to Captin Kirk، in (The Naked Time)، Star Treck TV series.

- إنه لمن دواعي العجب وحسن الطالع أن نتمكن من التعبير عن مكنونات الطبيعة بدوال رياضية بسيطة نسبياً .

كارنب

- Rudolf Carnap، classroom lecture.

مقتبسة من كتابه (محاضرة في فصل)

- هنالك في اللامتناهي من أبحر الفوضى ، مُدّتْ يد القدر ... وبلمسة حانية مفردة من أنملة بنان واحدة (بُعثرتْ) عن هيجانها، نقطة ضئيلة بائدة ... فيها تكونت دوامة من المعادلات ، لفت (بالحرير) حتى تجسّد في رحمها كوننا الجميل .

كاردنر

Martin Gardner، from (Order and Surprise).

مقتبسة من كتابه (النظام والمفاجأة)

- تُعد المعادلات العظيمة التي تحكم الفيزياء الحديثة جزءًا لا يتجزأ من الموروث العلمي وخزينهُ المعرفي، تلك المعادلات التي لا أشك مطلقا بصمودها وخلودها بعد فناء الكون وتحول كل ما فيه إلى قاع صفصفا .

وينبرك

Steven Weinberg، in Graham Farmelo'

(It Must Be Beautiful).

مقتبسة من كتابه (لابد أن تكون فاتنة) .

شكر وعرفان

لقد ساعد (نيوتن) على الشروع بالثورة الصناعية حينما وضع قوانينه في القوى والجاذبية، وعمل (فاراداي) على إذكاء علم وعالم الكهرباء بوضعه قوانين الكهربائية والمغناطيسية، أما (أينشتين) فقد أطلق عملاق الطاقة الذرية من عقاله حينما وضع معادلته E = m c2 ، أما الآن فنحن على أعتاب النظرية الجامعة لكل قوى الكون – نظرية المجال الموحد – والتي قد تقرر يوما مصير الجنس البشري بأكمله .

Michio Kaku، (BBC Interview on Parallel Universes)

كاكو من مقابلة له مع هيئة الإذاعة البريطانية حول (الأكوان الموازية).

استهل كتابي هذا بتقديم أسمى آيات الشكر والعرفان للأعزاء الذين أسهموا – بجد – في إخراجه عن طريق ملاحظاتهم واقتراحاتهم القيمة وهم : (تيجا كراسك – Teja Krasek) و (ستيف بلاتنك – Steve Blatting)، و (كراهام كلفرلي – Graham Cleverley)، و (مارك ماندر – Mark Mandor)، و (بول موسكووتز – Paul Moskowitz)، و (بت بارنز – Pete Barnes)، و (دنس كوردن – Dennis Gordon).

لقد استمتعت غاية الاستمتاع خلال رحلة دراستي للجم الكثير من روائع المصادر والمواقع العلمية الإلكترونية واطلاعي على سير الشخصيات العلمية في طريق بحثي الطويل عن القوانين التي ضمها هذا الكتاب ، وقد أوردت كشفا موسعا لكل تلك المصادر في نهاية الكتاب وأفردت لها بابا خاصا بها . لقد ضمت تلك المصادر ضمن ما ضمت : موسوعة مك كرو – هل (Mc Graw – Hill) للعلوم والتكنولوجيا وموسوعة فان نوستراند (Van Nostrand) العلمية والموسوعة البريطانية (Britannica) ومعجم نظريات جنيفر بوثاملي (Jennifer Bothamley)،

وتاريـخ أرشيـف الرياضيـات علـى موقعـه الإلكـتروني : (www.history.mcs.st-and.ac.uk)، والويكابيديـا - الموسوعـة المجانيـة علـى الموقـع الإلكـتروني : (www.wikipedia.org)، و عـالم أرك ويتستين للفيزيـاء (على الموقع الإلكتروني : (www.scienceworld wolfram. com/ physics)، و المنظور الفيزيائي الشامل علـى الموقـع الإلكـتروني : (hyperphysics. phy - astr.gsu.edu/ hbase/ hph.html).

ومـن الجدير الإشارة إلى أحد أهم مصادر كتابي هذا ألا وهو (معجم سير العلماء الذاتية) للكاتـب (جارلسـ كولسـتن كلسبـي -Gillispie Charles Coulston) ، للناشر (جارلس سكربنر وأولاده - Charles Scribner's & Sons) .

وللراغبين في الاستـزادة مـن هـذا السفْر الضخـم المتـعدد الأجزاء، أقترح عليهم مراجعة المقالـة القيمة لجارلس سكربنر الابن (Charles Scribner، Jr.) والمنشورة في الدورية المرموقـة المعروفة باسم - مقدمات المجمع الفلسفـي الأمريكي - (Procceedings of the American philosophicel Society) تحت عنوان (نشر معجم سير العلماء الذاتية) (124 (5) : 320-322، 1980، October 10).

لقـد نفضت الكثـير من الغبار وأعدت قراءة عدد من المسـوّدات ورتبت الغزير من كتب الفيزياء القديمة والمكدسة في سرداب دارنا منذ أيام الجامعة والتي ظلت صامدة أمام عدد من محاولات العائلة للتخلص منها لفسح المجال لحاجات أخر .

أضيف لما سبق عدداً من المصادر النافعة التالية والتي آليت إلا أن أُدرج عناوينها وأسماء مؤلفيهـا بلغتها الأم بعد ترجمتها وذلك لتعميـم الفائدة وتسهيل الحصول عليها للراغبين في ذلك؛ وهي : (القوانين والمبادئ والنظريات العلمية) لروبرت كربس و (المئة : تصنيف المئـة شخصية الأكـثر تأثيرا في التاريخ) لميشيـل هارت و (الخوف مـن الفيزياء) للورنس كراوسـ و (المقدمـة في الفيزياء للعلمـاء والمهندسين) لفريدريك بيوشـ و (تطور مفاهيم الفيزيـاء) لأرنولـد أرونز و (النظام والمفاجأة) لمارتن كاردنـر و(المعادلات الخمس اللائي

غيرن وجه العالم) لميشيل كيولن و(لابد أن تكون فاتنة : المعادلات العظيمة للعلم الحديث) لكراهام فارميلـو و (مواصفات القانون الفيزيائي) لريجـارد فينمن و (أعراف اندثرت) لجون كاستي .

Related useful works include Robert Krebs's (Scientific Laws، Principles، and Theories،) Michael Hart's (The 100 : A Ranking of the Most Influential Persons in History،) Lawrence Krauss's (Fear of Physics)، Frederick Bueche's (Introduction to Physics for

Scientists and Engineers)، Arnold Aron's (Development of Concepts of Physics)، Martin Gardnr's (Order and Surprise)، Michael Guillen's The Five Equations That Changed the World)، Graham Farmelo's (It Must Be Beautiful: Great Equations of Modern Science)، Richard Feynman's (The Character of Physical Law)، and John Casti's (Paradigms Lost).

يعـود التخطيـط الـذي صـدرت بـه كتابـي (مـع التعليـق الـذي يذيلـه لزينوفن Xenophane) لكتـاب المعـادن لمؤلفه (جيروجيس أكريكـولا – Gerogius Agricola) وعنوانه الأصلي باللاتينية هو (De re metallica) وهو أول كتاب صدر في عام (1556) حول التعدين وعلوم المعادن والذي استند على البحث العلمي الميـداني والمشاهـدات الدقيقة ، ويمكنك الحصـول على ذلك الكتـاب النفيس اليوم مـن دار منشـورات دوفر (Dover). أما مخطط الفلكي مـع فرجاله على الصفحـة الثانيـــة فلقـد سبق وأن صدّر به (ألبرخت ديـورر – Albrecht Durer) كتابه الموسوم (Messahalah، De Scientia motus orbis) والذي كان قد صدر في عام (1504) .

(أمـا صورة الرقيـم الطيني البابلي والحاوي على القانون الرابـط بين مساحات المربعات المقامـة على أضلاع المثلث القائـم الزاوية، مع ما صاحبه من تقريـب صحيح لقيمة الجذر

التربيعـي للعـدد اثنان (2)، فمـا هي إلا شاهـداً شاخصاً معبراً عن الكثير مـن أسس العلوم ونوابغ الإبداع وجميل الفنون التي سبقنا بها العالم. ولعلها مع إعمار القلوب بالإيمان ستعيد قطار السبق إلى سابق عهده).

مقدمـــــة المترجـــــم

لقد أغناني الدكتور (كلفورد أ . بكوفر) في ترجمتي لمقدمته عن الخوض في غمار خلاصات هذا الكتاب وتفاصيل مفرداته وعن التقديم له والتعريف بمحتوياته ، فقد شملت تلك المقدمة عرضاً ضافياً وافياً لكل ما يمكن أن يقال في هذا الباب عن هذا الكتاب ... ولم يتبقى لي سوى التطرق إلى بعض الملاحظات الخاصة التي تبلورت لدي خلال رحلتي معه...و التي حرصت أن أشاركك – عزيزي القارئ – بها تقرباً إليك واستئناساً برأيك، ومنها ...

لم أتقصّد قط أن تكون ترجمتي لهذا الكتاب ، ولا عُجالتي في التقديم له خطبة رجل واعظ ولا نصيحة إمام مُصلح، بل قصدت بها ترجمة أمينة ودقيقة لما فكّر به وعرضه العديد من علماء هذا الكتاب ومبدعي قوانينه ولما قام به المؤلف من نقل صادق لأرائهم فيه، وإن كان هذا الشعور قد انتابني عند مباشرتي بقراءة هذا الكتاب قبل التردد بشروعي في ترجمته . إلا أن استغرابي حول ما سبق سرعان ما تبدد بعد ما اتضح لي بصورة جليّة (من خلال نقل أقوال أعلام الكتاب والإطلاع على أفكارهم) ركون منطقهم الصريح وتفكيرهم المجرد (بعد أن أزيح عنه الكثير من غبار الكبر والعنت) إلى صواب الهداية للإعلان عن الإيمان طريقاً ، والى إدراك عظمة وحدانية الله (عز وجل) سبيلاً.

لقد عرضت الموقف الديني الرسمي المسيحي من العلوم والقوانين كما جاء به مؤلف الكتاب وكما نقله هو عن مبتكري القوانين و مؤرخي العلوم الذين ضم نتاجاتهم وبنات أفكارهم إلى مراجعه، وآرائهم ضمن عرضه، ولم أتدخل في أي نقاش أو تعليق .... ولا في أي معارضة أو تفنيد لما جاء هو به ، كما لم أضع نفسي لا في موضع المقارن المتصحح ولا في موقف المدافع المفوه لنسبة هذا الاكتشاف

أو ذاك لهـذا العـالم أو ذاك .... ولكن لابد أن يكـون لي في المستقبل القريب (بإذن الله تعـالى وبمشيئتـه سبحانه) دَلـوٌ أدلو به حول تلك الأحداث خصوصاً فيما يتعلق بأهمية التوثيق العلمي التاريخي المُوَسَّع حضارياً وجغرافيـاً وعـزو الاكتشاف الأول لصاحبه الأقدم من دونما حدود من زمن أو انحيـاز لفـئة.

لم يقتـصـر حـرصـي خلال كامـل رحلة تمتعي بترجمة هـذا السِفْر السَمين على ذكـر (وكلما سنحت لي الفرصة) المصدر الأجنبي بلغته الأصلية وذلك حرصاً على الإفادة وتشجيع القارئ النطّاسي على سبْر غَوْر النَصّ من منبعه، بغية في التأصيل وتعميقـا لإدراك نكهة اللغة الأم فحسـب، وإنما حرصـت أيضا على إضافة العديد مـن الشروحات الموجزة والتوضيحـات المركزة للكثير من المصطلحـات الفيزيائية والتعابيـر العلميـة، ولخصت الهـام من الأحـداث وأوجزت شرح انجازات الغالب مـن الأعلام والتعريـف بالشهير منهم والـذي كان نص الكتاب الأصلـي قد مـرّ عليها مرورا عـابرا سـريعا، إدراكـا مني بأهمية وضرورة توضيحها وإدراجها على شـكل ملاحظـات ذيّـلت بِـها صفحات ترجمتـي للكتاب حيثما وجدت إلى ذلك سبيلاً .... ولم ارتأى إدراجها جماعـيـاً في آخر كل فصل إيمانا مني بضرورة اطّلاع القـارئ العـادي والمختص عليها لـدى ورودها في سياق النص بغيـة تسهيل مهمة الاستمرار والاسترسال في فهم مقاصد الكتاب ومعانيـه، ولإدراك مراده ومراميـه. هـذا وقـد كان جُل اعتمادي في ذلك على الموسوعـة الإلكترونية (الوي كي بيد يا - Wikipedia) وعلى معجم (مريام وبستر - Merriam Webster) للغة الإنكليزية وعلـى الموسوعة البريطانـية (Encyclopedia Britannica، وعلى معجـم (محيط المحيـط) للمعلم بطرس البستاني للعربية وعلـى معلوماتي الخاصة في مجالات ورودها ، وقد ذيّلت جميعها بكلمة - المترجم .

لقـد كان وما يـزال في صبر وصمود أقطـاب العلوم ورواد اكتشـاف الحقائق و

مبدعـي قوانينهـا، وفي دراسـة سيرهـِم الذاتيـة وإيمانهـم بأهدافهـم ومواظبتـهم لتـحقيقهـا، دروساً عظيمة وعبرا خالدة لا بدّ مـن إيصالها إلى أجيال النشء في كل زمـان و مكان، فقـد كان ذلك و ما يزال الإكسير السحـري والرسالة البيّنة لإدامة همّة العمل فيهم .... وتعزيز حب المعرفة لدَيـهم و صمودهم وثباتهم على آرائهم العلميـة ، حتى ولو جُوبهت بالرفض والاستهـزاء، أو بالمناهضة والاستعلاء خاصة مـن قبل أقرانهـم ومعلميهم وذويهم الذيـن لا يرتقون إلى مستوياتهـم لا ذهنيا ولا علميـا. لقـد كان في مطاولـه الأوائل والأواخـر وصبرهم على مسائلهـم وإيمانهم بعلمهـم وبجدية أعمالهـم نبعٌ ثرّ خيّـر ، كان ولا يزال المعـين الأهم الذي روى ويـروي بـذور الإبداع وشـَـذرات العبقرية كـي تصمد كزرع أخـرج شطأهُ ... ومنارة عم نورهـا فانبلج الصبح بعد إظلام. وفي تقليبي لصفحات التاريخ وغوري بـين اسطر الإبـداع فيه لم أجد خيرا من صفـة (الصبر) نعتاً تـحلـّى به كافة مبدعي هذا السِفر وغيره على اختلاف ميولهـم ورغباتهم وتضارب أهوائهم وخلفياتهم وتنوع إبداعاتهم واكتشافاتهم، فقد كان الصبر ولا شك ذروة سنام أمجادهم ومنوال نسـج انجازاتهم... و في ذلك شحذاً لهمم أبنـائنا من الشباب لخوض غمار الإبداع والنهـل من كوثـر التجديد بالاعتمـاد عليـــه وبالتزود منه، ولنا فيــه جميعاً – لو يعلمون – خيرا كثيرا.

لطالمـا أعجبـتـه ولكثرة ما تلذذتـه بما سبـق أن قرأتـه من سيـَـر العلماءِ الأفذاذ والعباقـرة الأعلام في مقتبل حياتي، تلك القراءات اللائي اعتقدت يقـينا أنهـن قد ساهمـن بالكثير في تطوير شخصيتي وتوسيع طموحي وتعميق دراساتي وانجازاتي. ولهــذا اعتقدت جازمـاً بأهمية دور هــذا الكتاب الإيجابيِ في سـَـدّ جزءٍ كبير من طموحـي بالتعريف بسـير العلماء الأفذاذ بغيـة تشـجيع الشباب علـى الإقتداء بهم ورفع مستوى طموحـهم وشـحـذ هممهم .

ولي وقفة رجاء هنا ... للمعلمين والمربين في المدارس والمعاهد والجامعات وللآباء والأمهات في الدور والبيوت أن لا يغفلوا نبتة الإبداع والعبقرية لدى طلابهم وأبنائهم وان يعهدوها بالعناية والرعاية وبالحب والتفهم وان لا يحرموها من نور التشجيع والإنطلاق والتفكير ولا من أوكسجين التبني والرعاية والتحرير، وان يجعلوا الدراسة الأكاديمية داعماً لهذا المنحنى وليس بديلاً ولا ناكِصا له.

أما الترجمة فهي في رأيي باب الأمم وطريقها نحو التقدم والارتقاء ومفتاح تفوقها وسؤددها نحو النجاح والإبداع ، وقد يطول بيَ المقال ان أردتُ الإستشهاد في ذلك بالتاريخ ... والتقوي على ذلك بالجغرافيا. وهي بلاشكٍ عمل جبار خطير يستوجب الإعتكاف والتفرغ، والأمانة والتجلي بالإضافة إلىِ النفس الطويل ولم تكن لِتخلو من صعوبات ومطبّات وعراقيل ، فقد تمرّ الساعات قبل الوصول إلى القناعة في ما ينسخه المِداد، وقد تمر الأيام قبل الوصول إلى روح المُراد.

وأخيرا لا يسعني إلا أن أؤكد قصدي وإصراري على إضافة عبارات (جل وعلا) و(سبحانه) و (تبارك وتعالى) بين قوسين كلما جاء جاء ذّكر لفظ الجلالة في أصل النص أو دل عليه معناه وذلك دون إفراط في استعمالها ولا تفريط إيمانا مني بقدسية مدلولاتها ...

وختاما عشمي أن لا يتضايقن أحدكم من صعوبة فهم هذه المعادلة الرياضية أو من تعصّي إدراك ذلك القانون العلمي، ولا من نوافل تفاصيل بعض ما ورد بخصوص أفكار (كاوس) أو إبداعات (فراداي) أو نظريات (هيزنبزك) ولا من غيرها .... لأنهن وببساطة كنَّ قد كُتبنَ من قبل من اعتُبروا (ولا يزالون) عمالقة أعلام فيزياء القرنين الثامن و التاسع عشر ... وما نَضَحَ عن فكرهم كان هو الهادي لقمم الانجاز العلمي العظيم خلال كامل مسيرة البشرية خلال القرنين التاليين ، فهنّ وعبقرية أصحابهِن – ولاشك – في واد .... وأنا وأنت في

آخـر.... ولكن سيسهـل الأمر علينا جميعا إن اعتبرناهن، حافزا ومثالا حيا لما يمكن لذهن الإنسان أن يتفتق عنه، أو أن يتوصل إليه ويسمو بكامل البشرية عن طريقة...

لأولئـك الأفذاذ منا جميعـا التحية....ولنـا أن نترك لهم تعقيـدات رياضياتـهم وخفايـا قوانينهـم وتـفاصيـل معاناتهـم ، وان نستلهم منهم ثمـرة أفكارهـم وخلاصـة صبرَهـم.....

والسلام .

الدكتور / إيمان نوري الجنابي.

قسم الشؤون الأكاديمية والتدريب.

مركز التدريب والتطوير – مستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث في الرياض.

ضحى وعصر يوم الاثنين المصادف 28/06/2010 للميلاد والموافق لأربع عشرة ليلة بقين من شهر رجب لعام 1431 للهجـرة .

ملاحظات المؤلف حول المصطلحات العلمية والرموز الرياضية المستعملة في هذا الكتاب

لقد حرصت على تذييل كل مدخل من مداخل هذا الكتاب بقائمة مفصلة من المصادر أدرجتها تحت عنوان (مصادر إضافية وقراءات أخرى)، ذكرت فيها عدداً من المصادر الأولية الأساسية القيّمة إضافة الى المزيد من المصادر الثانوية المختارة والتي حرصت على تميّزها بالحداثة والمهنية فيما يوضح القوانين الرياضية المتخصصة، ولي أن أقترح على القراء المهتمين ضرورة الاستعانة بهذه القائمة الأخيرة لإكمال أي دراسة لهم أو بحث ، وذلك لاحتواء هذه الأخيرة على مصادر إضافية لا غنى عنها لكل باحث يرغب بالبداية من خط الشروع .

كما حرصت على الإشارة إلى أهم الأحداث التاريخية التي صاحبت اكتشاف كل قانون من قوانين هذا الكتاب وجمعها ضمن إطار مختلف تحت عنوان [من أحداث عام (الاكتشاف – كذا)]، أما الرموز الكبيرة التي تصدرت شرح كل قانون (وهي رموز الذرة، والدورق والتلسكوب ورمز النسبة الثابتة ) فقد عنيت بها أن القانون المعني لابد وأن يندرج ضمن حقول (الفيزياء و/أو الكيمياء و/أو الفلك و/أو الرياضيات) على التوالي.

حرص الكتاب في طبعته الأصلية باللغة الإنكليزية على (إمالة) الحروف ذوات القيم الرياضية الثابتة أو المتغيرة (italicized) وأغفل ذلك للحروف التي لا تحمل مثل تلك القيم، فمثلا طبع الحرف(T) في(T1) مائلا لأنه يمثل قيمة رياضية معلومة (للحرارة – Temperature) أما الحرف اللاتيني (L) فقد طبع صحيحا لأنه تصدر عنوانا كما في كلمة (قانون – Law)، وفي ترجمتي للكتاب وتلافيا للالتباس الذي لابد أن ينتج عن اختلاف فهم معنى الرمز العربي فقد حرصت على إدراج كافة المعادلات والقوانين والرموز الرياضية أينما وجدت بنفس طريقة إدراجها في الأصل المترجم . وبذلك أزلت الإبهام وسهلت مهمة الاستزادة والبحث عن هذا القانون أو ذاك وهذه المعادلة أو تلك من المصادر

الإنكليزية . أما الترجمة العربية فقد أغنتنا عن أي شك أو التباس في أشكال الحروف فلحرف لغة القرآن الكريم سيادة البلاغة وريادة التعبير أينما حل لا مراء في ذلك .

تبين لي من اطلاعي المستفيض تباين التراث العلمي العالمي وانقسامه الشديد فيما يخص ذكره لنظرية أينشتين فهو تارة يذكرها (كالنظرية العامة في النسبية) وطورا (كنظرية النسبية العامة)، وماثل هذا الاختلاف ما ذكر في عدد من المصادر حول (النظرية الخاصة في النسبية) و (نظرية النسبية الخاصة) ولذلك فقد آثرت استخدام مصطلحي (النظرية العامة في النسبية) و(النظرية الخاصة في النسبية) في هذا الكتاب كلما جاء ذكر هذه أو تلك، أما سندي في ذلك فهو استخدام أينشتين نفسه لهذين المصطلحين الأخيرين كعنوانين لأهم فصلين من كتابه المعنون :

(النسبية : النظريتين الخاصة والعامة) والذي طبع لأول مرة في عام (1916) .

لقد عبر اسحاق نيوتن في عام (1676) عن إنجازاته العظيمة بتشبيه بلاغي فذ حين قال: (لا فضل لي وأنا أنظر إلى نقاط ومواقع أبعد من الأفق، فما أنا إلا ناظر له من على أكتاف العمالقة الذين سبقوني) . لا يختلف اثنان حول قدم هذا المثال وكثرة استخدامه كناية عن التواضع، ولكن ما أكده (نيوتن) هنا هو حقيقة تقدم الفكر العلمي العالمي من خلال استخدام مثال معروف ملخصه أننا لابد وأن ندين بفهمنا للعالم من حولنا وبالرفاهية التي نعيش نعيمها للعلماء والأفذاذ الذين سبقونا والذين مهدوا بفكرهم لفهمنا له واستمتاعنا بموجوداته وبنفائسه.

ديزيكس

(Twilight of the Idols،) Peter Dizikes، New york Times Book Review، November 5، 2006.

مقدمة الكتاب وخلفيته

لقد ولد اسحاق نيوتن وعاش في عالم اكتنفه الظلام وأحاط به الغموض وتشبع بالسحر والشعوذة ولكن بالرغم من اقترابه من حافة الجنون ولمرة واحدة في حياته على الأقل، إلا أنه استطاع إماطة اللثام واكتشاف الكثير من جوهر المعرفة البشرية وبقدر لم ولن يسبقه أحد إليه لا من قبل ولا من بعد. لقد كان وبحق خير من أقام الدعائم وشيد بنيان الصرح العلمي للعالم الحديث، وتمكن من تجسيد المعرفة الحديثة فيه بدقة وبموضوعية كمية لا تقبل الشك، وهو الذي صاغ كل ذلك على شكل مبادئ عصية على التفنيد حملت اسمه كـ (قوانين نيوتن) والتي ستظل خالدة مادام في الكون ذهن يعيها!

كليك - James Gleick، Issac Newton

مقتطف من كتابه (اسحاق نيوتن).

لقد دأبت الفيزياء - وطوال تاريخها - على الاستعانة بـ واستنباط المفاهيم الرياضية الجديدة كلما وصلت الى مفترق أو تأهبت لقفزة مهمة في طريق الاكتشاف إلى الأمام، ولا أجافي الحقيقة إذا جزمت باستحالة استمرار وتطور فهمنا الحالي والمستقبلي لقوانين الفيزياء وإدراك كونيتها ودقتها المتناهية بدون استثمار الرمز الرياضي ولغته.

عطية - Sir Michacl Atiyah، (Pulling the Strings)، Nature

مقتطف من كتابه (سحب الخيوط)

الباب الأول

قوانين الطبيعة

لا مجال للشك اليوم بأن تطور الكون سابقا ولاحقا كان وسيظل خاضعا لقوانين صارمة دقيقة معلومة تحكمه لعل المولى عز وجل، (خالق الكون سبحانه) هو الذي وضعها ولكن لا مجال للشك أيضا أنه لا يتدخل غالبا (إلا حين حصول المعجزات) لنقضها.

هاوكنج - Stephen Hawking، Black Holes and Baby Universes

مقتطف من كتابه (الثقوب السوداء والأكوان الفتية).

قال أينشتين يوما: (إن أصعب ما يمكن فهمه حول الكون الذي نعيش فيه، هو أنه قابل للفهم!) وينعكس ذلك على حقيقة أن الطبيعة التي تحيط بنا وكامل العالم من حولنا قابل للتفسير أو على الأقل للتقريب باستعمال معادلات وتعابير رياضية غاية في الاختصار والرشاقة وباستخدام قوانين الفيزياء.

لقد خصصت هذا الكتاب لسرد وإيضاح ومناقشة أمهات القوانين الطبيعية التي نضجت وتم اكتشافها عبر قرون عدة والتي أسهمت بنفسها أو بنتائجها في التأثير العميق على طريقة فهمنا للعالم، وللكون من حولنا إلى الدرجة التي غيرت معها طرق معيشتنا على الأرض وطريقة تعاملنا مع موجودات الخليقة. لقد وفرت لنا هذه القوانين طريقة رشيقة سهلة مرتبة لوصف الظواهر الطبيعية تحت مختلف الظروف واحتمالات تغيرها، فعلى سبيل المثال دعنا نأخذ قانون برنولي لحركية الموائع

- [(Bernoulli's Law of Hydrodynamics) – ($V^2/2 + gz + p/\rho = C$)].

هذا القانون الذي تفرعت منه عدداً من التطبيقات في مختلف حقول (حركية الهواء – Aerodynamics) والتي تعد جانب العلم المتخصص في دراسة انسياب التيارات الهوائية فوق وأسفل أجنحة الطائرات وتصاميمها، كما يدرس ويفسر أشكال وانحناءات المراوح الدافعة للسفن والقوارب ودفاتها، أما قانون **(فك)** الثاني للانتشار الغازي

–[Fick's Second Law of Diffusion، $(\partial c/\partial t)_x = D(\partial c^2/\partial x^2)_t$]

فقـد وجد تطبيقاتـه فـي تفسير طـرق الاتصـال ما بين الحشرات بواسطـة إطلاق مواد الفرمونات (Phermones) خلال الجـو، والتنبؤ بـ وتحديد زمن انتشار الملوثات البترولية – الهيدروكربونية – إثر تسربها إلى البحر بعد عطب ناقلاتها، وفي التعرف على التجمعات البترولية الخـام لغرض استخراجهـا. وما أكثر المرات التـي طبق فيها (قانـون نيوتن للتبريد (Newton's Law of Cooling $T(t) = T_{env} + [T(0) - T_{env}]e^{-k}$ سيمـا مـن قبل متخصصـي الطب القضائي في دوائر البوليس الجنائـي للكشف عن جثث ضحايا حوادث السلب والبغاء والقتل في زوايا المواخير المظلمة وثنايا الفنادق المشبوهة لتحديد زمن وفاتها!

ومـن السخرية أن تمكن بعض هذه القوانين بني البشر من امتلاك ناصيتي التشييد والتدمير في آن... ولعلها قادرة أيضا على أن تزيح غمامة الإطلاق التي لازمت نظرة الإنسان إلى نفسه وإلى الكون ولقرون.... حتى مكنته – بل وأرغمته – على تغير نظرته إلى (الحقيقة) ذاتها!!

فقـد شهدت أربعينيـات القرن العشرين الماضـي (1940s) اكتشاف عـالم الفيزياء الذرية (كراهـام– Graham) لقانونـه الفريـد $[R_1/R_2 = (M_2/M_1)^{1/2}]$ الـذي مكّن العلماء مـن صنع القنبلتين الذريتـين الأمريكيتين اللتين كانتا قد ألقيتا في اليابـان، الأولى على مدينة (هيروشيما) والثانية على (نكازاكي) فرسمت أقبح لطخة عار على جبين حضارة محدثة تقول ما لا تفعل وتدعي بما لا تؤمن، (حضارة) أباحت لنفسها ذبح الملايين في العالم، فدمرتهما ولم تركعهمـا. أما سلسلـة القوانين التي فسـرت ومهدت لفهم كنه (الظاهرة الكهرومغناطيسية – Electromagnetism) فقـد مكنـت التكنولوجيـا الحديثـة من ربــط العالـم مـن أقصــاه إلى أقصاه بمختلف وسائل الاتصالات السلكية واللاسلكية. وما يدعو إلى الإعجاب والدهشـة ممـا سنناقشه فـي متن هــذا الكتـاب من قوانـين، فهو (مبـدأ الشك لهيزنبرك (Heisenberg Uncertainty Prinaple، $\Delta x \Delta p \geq \hbar/2$).

والـذي يبين بوضـوح رياضــي ملفـت قـد يصعب استيعابه من قبـل المنطق البسيط، بأن وجود الكون الفيزيائي الملموس لا يمكن أن يكون قد وجد أزليا مفردا بأسلوب مقنن مسبق

وإنمـا خُلق كنظام احتمالي وجد بنفس احتمالية خلق ووجود ما لا نهاية من أشباهه ونظائره وأقرانه من الأكوان في الوجود الفيزيائي اللامتناهي[1]، وإذا راجعنا كشف حساب ما سبق من عينات القوانين المدرجة ضمن هذا السِفْر لوجدناها باقة رشيقة من التعابير الرياضية البسيطة نسبيا قاسمها المشترك وميزان زينتهـا وسـر إعجابنـا بها هـو بساطتها وانسيابيتها وإمكانية تطبيقها على كل ما حولنا عمليا. أنحاز طبيعيا إلى فئة العلماء والمفكرين الذين يؤمنون بالحقيقة القائلـة بإمكانيـة تفسير مجريات الكون بواسطـة قوانين ومعادلات رياضيـة بسيطة – ليس لكوننـا (نحن) من وضع هذه المعادلات وتلك القوانـين أو أحرزنا سبق اختراعها – ولكن لسبـب جوهـري آخر أهم معنى وأعمق مغـزى ألا وهو احتواء الكـون بطبيعته على النسق الرياضـي بكافـة تفاصيله ؛ ولقد عـبر الكاتب العلمي الشهير (مارتـن كاردنر – Martin Gardner) في مقالته القيمة المنشورة عام (1950) تحت عنوان (النظام والمفاجأة) عن هـذا المفهـوم بتشبيه خيالي يوضح هذا المفهوم بأسلوب سريالي بسيط قابل للاستيعاب حين قال:

((كونـنـا بما فيـه عبارة عن كتلة من الحركة فلو تمكنا من تصـوره في لحظة جمود خاطفة حين تتوقف الحركة ويسـكن كل ما فيه، وأطلقنا حملة مسح جبارة لاكتشاف وتصوير ودراسـة كل مـا في داخله وعليه فإننا لن نجد كونا عشـوائيا بقطـع وأجزاء ومكونات وذرات تشذ الواحدة منها عن الأخرى بل سنكتشف ونحن تحت تأثير الدهشة الصاعقة بأن كل ما فيه وتفاصـيل ما يحويه عبارة عن أنظمة وقطع وأجزاء رتبت هندسيا بشكل يدعـو إلى الإعجـاب والانبهار والتأمل، فسـنجد على سـبيل المثال مختلـف التراكيب الحلزونية تزين المجرات كما سنجد البلورات السداسية الشكل التي تحلي دقائق الثلج. وإذا ما أذنا لخيالنا أن يرخي العنان لحركته وفعالياته للانطلاق، فعند ذاك ستتجلى لناظرنا انسـيابية وتناسق ورشاقة القوانين التي تحكم هذه الحركة وتلك الفعالية وسنعجب – بلا

(1) The Theory of Multiverse – وهـي من النظريات الحديثة والنتائـج المقبولة رياضيا والمستنبطة من تعديل عدد الأبعاد الموجـودة ضمـن نظريات النسبية العامـة ونظريـة الأوتـــار (String Theory) والنظرية الهولوغرافية للكـون لتطابق نتائجها بعضها مع بعض، الأمر الذي ينتج احتمال وجود أكثر من كون وكون بديل وكون مطابق في (الكون)!! – المترجم

شك – بدقتها وصرامتها وببساطتها في آن، علما بأننا لن نتمكن من معرفة السر وراء ما يدفع كل ذلك إلى التصرف بهذا الشكل أو لِمَ نُسج على هذا المنوال!)).

سيظهر جليا لكل من يحلل المثال الخيالي السابق، بأن (لمارتن كاردنر) هدفا جليا ابتغى الإفصاح عنه وإلقاء الضوء عليه، ألا وهو التأكيد على حقيقة تمكن الرياضيات وبأبسط صورها من التحكم بكوننا الذي نعيش فيه وتفسير كافة ظواهره من المستوى الذري والجزيئي وحتى آفاق النجوم والمجرات. لقد دأب العظماء والأعلام على رسم صور جميلة للكون وما فيه وتمثيل الإنسان وما يخالجه تجاهه كلما لمعت في ذهنهم فكرة أو أجابوا على سؤال موجه إليهم، فذاك (اسحاق نيوتن) يصور دأب الإنسان وكدحه لاكتشاف قوانين العلوم على شكل طفل دائم البحث عن غرائب القواقع وجميل الأصداف على شاطئ بحر مترام لا نهاية له، وهذا (ألبرت أينشتين) يفصح عما يخالجه بشأن عظمة الكون وتعقيده ونظامه ويصور نفسه طفلا يدخل مكتبة عامرة لا نهاية لها مدججة بأمهات الكتب وعظيم المجلدات بلغات مختلفة غريبة عجيبة. لن يتمكن الطفل من فهم جل ما حوته تلك المجلدات وهذه الكتب ولكنه سيقدر وسيشعر بمرور الزمن بدقة التنظيم وجمال التصنيف وروعة الترتيب الذي أُنشئت على أساسه تلك المكتبة ورتبت بموجبه كتبها على رفوفها...

وعلى ذات المنوال وبنفس المعنى هناك عدد من الكتابات التي تؤكد ذات الفكرة وعين المضمون، فخذ مثلا ما كتبه الفيزيائي النظري المرموق (بول ستينهاردت – Paul Steinhardt) في الكتاب الموسوم (ما نؤمن به ولا نستطيع إثباته) لمؤلفه (جون بروكمن – John Brockman):

((لقد أكدت كافة ملاحظاتنا الحديثة وتجاربنا ودراساتنا بأن جوهر الكون الذي نعيش فيه هو جوهر بسيط ببنية قابلة للفهم، فتوزيع المادة والطاقة فيه على درجة مذهلة من التناسق، حيث يمكننا تفسير التركيب التصاعدي للمنظومات المعقدة فيه ابتداء من الجسيمات مادون الذرية والذرات وحتى تشكيل المجرات ومجاميعها بواسطة عدة عشرات من الجسيمات الابتدائية، التي تحكمها وتضبط تصرفها حفنة من القوى، والتي بدورها ترتبط ببعضها

البعض بنظام تماثلي مدهش وتخضع لتضافر مذهل تحكمه عدة قوانين لا غير!! والخلاصة فإن كونا فسيحا متراميا بسيطا لابد وأن يتطلب ويتم فهمه فعلا بتفاسير بسيطة)).

لقد أيقن واضعو القوانين العظام، ومنذ قرون خلت أن إرادة الله (عز وجل) لابد وأن تكون قد تدخلت لوضع قوانين الكون(الأكوان) الذي خلقه، فعلى سبيل المثال: لقد آمن العالم البريطاني الكبير [اسحاق نيوتن(1642–1727)Isaac Newton] والكثير من معاصريه بأن المولى القدير وحده هو الذي وضع قوانين الكون بإرادته (سبحانه) وأخضعها لمنطق متسلسل متجانس قابل للإدراك من قبل الذهن البشري. جاء في المقدمة التي كتبها الرياضي الإنكليزي (روجر كوتس – Roger Cotes) للطبعة الثانية من (كتاب المبادئ) – (Newton's Principia) الشهير لنيوتن لعام (1713) ما يلي:

((لا أشك مطلقا بإمكانية خلق هذا العالم المترامي الفسيح الذي نعيش به وبكل ما يحتويه من تنوع الأشكال والحركات والقوى من قبل الإرادة الإلهية الحرة من العدم، كما لا أشك مطلقا بأن إرادته – سبحانه عز وجل – كانت ولاتزال وستظل هي الهادية له والمهيمنة عليه. وكما لا يمكن لأحد أن ينكر وجود نفحة الإبداع في قوانين (نيوتن) التي انسابت جزلة رشيقة طيعة بصورة لا يمكن معها افتراض الفوضى لوجودها، فكذلك لا يستطيع أحد أن يجزم بضرورتها..!)).

فالكون بما فيه لم ولن يكون بحاجة لقوانين (نيوتن) أو لغيرها ليعمل بالدقة وبالنظام المعهودين فيه ولهذا ما علينا لاغناء جعبتنا منها سوى التسلح بالمراقبة والتمحيص والتجريب لا بالصدفة والتخمين.

كتب الفيزيائي الأنكلو – إيرلندي «جورج ستوكس (1819–1903) George Stokes » الذي اشتهر بوضعه لقانونه في اللزوجة، في مؤلفه المعنون (علم دراسة طبيعة الأديان) ما يلي:

((اذا ما آمنا بوجود الله عز وجل – سبحانه– فستزال (حتما وحالا) غمامة الشك عن إمكانية حدوث المعجزات، والآن إذا آمنا بأن الله (الواحد الأحد) هو الموجد المتحكم

بهذا الكون (وغيره) وهو وحده سبحانه الموجد للقوانين التي يُسيّره بموجبها، فلابد أن نستنتج بأنه هو وحده (جل وعلا) القادر على تعطيلها أو إيقافها ولو آنيا، وإن خامرتنا أي ريبة حول مثل هذه الاحتمالية الأخيرة فلا يجبرنا لا عقلنا ولا منطقنا على الإصرار على قبولها فبإمكاننا هنا إرجاع حدوثها إلى مبدأ الاحتمالات)).

لاكتشاف القوانين الشاملة (الكونية) هيبة واحترام تعكس نضج العقل البشري وحدّة ذكائه، ويمكننا سرد سببين على الأقل لذلك؛ أولهما هو إمكانية تلك القوانين على توفير الإطار المناسب لاكتشاف (الحقيقة) التي ينطوي عليها الكون، وثانيهما هو إمكانيتها على التنبؤ وإطلاق التوقعات لما يمكن أن ينتج عند وضع أوليات محددة باتجاه معلوم.

ولاكتشاف واحد من القوانين التي ترقى إلى مستوى هذه التسمية لابد للعالم أو العلماء المعنيين.بمثل هذا الإنجاز من إجراء عدد جم من الملاحظات، وربطها والاستفادة من جهود الكثيرين ممن سبقهم في ذلك المجال، ثم شحذ هممهم وذكائهم لوضع عدد من التصاميم للكثير من التجارب الخلاقة، التي لابد أن تعكس الكثير من لب الإحاطة بصلب مادة القانون، وبناءً على ذلك سترى بأن مكتشفي القوانين العامة ضمن متن هذا الكتاب لابد وأن يكونوا من خيرة العلماء الأفذاذ والباحثين الأجلاء أولي الكؤوس المعلاة في اختصاصاتهم.

قد يظهر، وللوهلة الأولى للمتصفح المتعجل لهذا الكتاب بأنه قد لا يتعدى كونه سردا تصويريا مقتطعا لقوانين علمية في هذا الحقل العلمي أو ذاك مع سرد قد يطول أو يقصر لسيرة حياة واضعة، بلا رابط بين مختلف فصوله وأجزائه، ولكن بإمعان القراءة والمضي في تفاصيل الكتاب ستظهر له - ولاشك - العلاقة وتبين لديه الحبكة التي تربط أجزاءه الواحد بالآخر وبفكرة الكتاب ككل، فلا يخفى على حدس لبيب بأن القاسم المشترك الأعظم للعلم وفكرة الهدف الأسمى للمعرفة لم ولن تكون يوما مقتصرة على تكديس الحقائق وضرب الأمثال وتسطير المعادلات، وإنما كان الرائد الأسمى لها، (ولمجمل الزخم العلمي البشري) هو فهم الأنظمة وإدراك الأسس وضبط العلاقات التي تسري بين حنايا تلك الحقائق وخوافي أولئك القوانين وتكسبها روحها التي تعكس عظمة الكون وروعة النظام القائم عليه.

لقد وضعت نصب عيني أثناء إنشاء هذا الكتاب ضرورة توخي الدقة في اختيار نُخَب القوانين من بين كم هائل منها اعتمادا على ميزان الأهمية وسبق التأثير لكل منها على تقدم العالم وعمق التأثير الذي أوجدته فيه، ولبلوغ هذا الهدف وضعت في حسابي ضرورة تحقيق غايتين مهمتين:

أولاهما: ضرورة احتواء القانون أو القاعدة أو المبدأ المدرج في كتابي هذا على زخم توضيحي واضح وقوة اقناع هائلة لتفسير الحقائق والملاحظات والمشاهدات التي تنضوي تحت لوائه من جهة، وضرورة كونه متمتعا بقاعدة قبول علمية واسعة ومصداقية بيّنة في حقل تخصصه من جهة أخرى.

وثانيتهما: ضرورة تتويج القانون أو القاعدة أو المبدأ المدرج باسم مكتشفه ومبدعه، مما يعني ضرورة تمحور هذا القانون أو ذاك، وهذا المبدأ أو ذاك حول شخصية علمية فذة واحدة كان لها الأثر المميز الأسمى والتأثير المحوري البين في اكتشافه وفي تسليط الضوء عليه ورفعه إلى مصاف الاهتمام العلمي العالمي.

ولا أتمنى عليك – عزيزي القارئ – سوى أن تغمض عيني رأسك وتنظر بعيني عقلك إلى روح المغامرة وتتحسس نكهة المتعة وسمو النشوة التي لابد وأن عاشها أولئك العظماء الأفذاذ في رحلة بحثهم المضنية تلك... والتي لم تخلُ من آلام وأشواك كما لم تخلُ من خطورة وضع الحياة ذاتها على الحد أحيانا!... كيف لا وقد لف روادها شغف الولوج إلى الحقيقة وأحاط بهم ديدن الكشف عن المجهول؟.. والخلاصة فإن هؤلاء المكتشفين كان لهم شرف إعادة تكوين وتشكيل وتلوين الطريقة التي ننظر بها إلى عالمنا الجميل، فصار (دائما) أبهى مما كان.

مبدعو القوانين.. من هم؟

لعل أروع ما يخطر على بالي عند محاولتي وصف الشعور الديني الذي لازم العلماء والعباقرة لفهمه على مر العصور.. هو تصوري لشدة الفرحة الطاغية وإدراكي لقمة النشوة العارمة اللتين سرعان ما تلف وتسحر العالم والعبقري لدى اقتراب إدراكه وبلوغ فهمه للتناسق التام اللامتناهي والتآلف السرمدي لأي قانون طبيعي يكتشفه، مع واقع الطبيعة ذاتها، ذلك التناسق والتآلف الذي لا يعكس إلا جانبا واحدا من النضج اللامتناهي وزاوية ضئيلة محددة من كامل طيف الذكاء الأزلي الذي يلف الكون ويتغلغل به والذي يقف معه النضج والذكاء البشريين (مهما عظما بحساباتنا القاصرة) عاجزين مخذولين لا يمتلكان من قطمير ولا يقويان على شيء.

ولا نجافي الحقيقة في شيء إذا ما اعترفنا بأن الذهن البشري بكامل قدراته وإبداعاته وإنجازاته قد يُختزل وبمنتهى البساطة إلى (اللاشيء!!) مقارنة بذاك الإبداع السرمدي. ولعلي أجزم بأن ذلك الشعور بل واليقين في إدراك سرمدية النظام في الكون هو الذي أوقد المصباح في المشكاة فأصبح النبراس الذي قاد العلماء والعظماء في حياتهم وهداهم إلى الإبداع في أعمالهم، كما وأجزم بأن تلك المقارنة البسيطة الرائعة بين الإنجاز البشري الضئيل اللامتناهي في ضآلته (على أهميته النسبية لنا) وبين الإبداع الكوني العظيم اللامتناهي في عظمته (والذي لا نكاد ندرك هيبته وملكوته) هو ما قاد كافة عباقرة البشرية وعلمائها إلى نور اليقين وأحاط بذور الإيمان المزروعة في فطرتهم بالرعاية والحنين فأنارت ألبابهم وهدتهم إلى الله – جل وعلا – على مر العصور.

أينشتين

Albert Einstein, Mein Weltbild, 1934

لقد أكد عالم الاجتماع الأمريكي [روبرت ك. مرتون (1910–2003) Robert K. Merton] بأن نظام التسمية – ويقصد به تسمية القوانين باسم مبتكريها والنظريات باسم واضعيها والاكتشافات

العظيمة باسم مكتشفيها - يعود إلى زمن غاليليو (Galileo)، فلقد دأب العلم على تزكية ومكافأة كل من كان لـه كأس السبق من العلماء والمكتشفين سواء في استحداث قانون أو في وضع نظرية أو ابتكار أحـد المبـادئ الطبيعية أو الكونية أو حتى إذا ما كان مجرد باحث أو مجرب صادف وأن وُجدَ في الزمان والمـكان الصحيحين والمناسبين لـدى الوصول إلى حقيقة من إجراء تجربة أو الحصول على ناتج من إتمام تفاعل.

ولمـا كان ديدن هـذا الكتاب هو فهرسة القوانـين والتركيز عليها مادامـت مقترنة بأسماء مبدعيها، فما عليك إلا أن تركن إلى الفهارس المرفقة بهذا الكتاب في بحثك عن أي قانون أو مبدأ أو معادلة وتديم تقصيك عنه تحت اسم مكتشفه حتى أنك قد تعثر عليه في مدخل أو باب لم يمر بذهنك في الحسبان. ولعل من المفيد ان أذكِّرك - عزيزي القارئ - بأني لم أحصر نفسي في ذكـر وشرح ومناقشة القوانين التي أثرت وما زالت تؤثر في عالمنا المعاصر اليوم وحسب، ولكنـي قد بذلت جهـودا جبارة في ضم العديد غيرها والتي أسهمـت حتى في إعادة تأهيل وصياغـة الحياة في غابر الأزمان وأسهمت في تبلور وتطوير العلم منذ القدم. ولكن وبالنظر لضيق فسحة الكتاب عن استيعاب (كافة) القوانين فإني أنصحك بالبحث عن عدد من أشهر المعادلات العلمية والتي لم ترتق إلى مستوى تسميتها (بالقوانين) لأسباب تاريخية أو غيرها في الفصل الأخير من الكتاب، وتحت مدخل (**الملاحظات النهائية**) الذي ختمت به سفري هذا.

لم أعـن عند تكرار تركيـزي على القوانين المسماة بأسمـاء مكتشفيها بأني قصدت شمول كافـة تلك القوانـين ذوات الأهمية البالغة في تاريخ الفيزياء وعـبر كافة العصور ضمن دفتي هـذا الكتاب. فمثلاً، لابد من التنويه بأن الغالبية العظمى من القوانين والمبادئ التي وضعت وصيغـت في فـترة التاريخ الحديث وبرغـم أهميتها القصوى التي مكنتنا مـن فهم العالم من حولنا، لم تكن لتحمل أسماء محددة وانما عرفت بصفات وتسميات أكثر عمومية تعكس ذاتها كقوانـين، أكثر مما تُعرف بأصحابها كمكتشفين. ولعل في الشـرح المفصل الذي أوردته في باب (**مسـك الختام**) حول ندرة القوانين التي تحمل أسماء مكتشفيها منذ بداية القرن العشرين (1900) وحتـى اليـوم ما يفـي بالغرض، خصوصا وقـد أوردت فيه أمثلـة ساطعة لقوانين

ومفاهيم فيزيائية بارعة، ولكن لم أخصص لها مداخل مفردة ضمن سفري هذا. ومع ذلك فكلي أمل بأن المنحى الذي سلكته في تبويب وتصنيف مداخل هذا الكتاب اعتمادا على القوانين التي تحمل أسماء أصحابها سيساعد القارئ الاعتيادي على تلمس القوانين التي ينوي التعرف عليها مزدانة بحلية ملونة ميسرة لملخص السيرة الذاتية للأفذاذ الذين أدلوا بدلوهم لاستخراجها وتوصلوا الى اكتشافاتهم لإثباتها وعلى مدى قرون عدة.

لا أدري كيف أبدأ أو بماذا أصف العلماء والأفذاذ الذين وسمت أسماؤهم القوانين العظيمة فعرفت بها؟... فلقد حفل هذا الكتاب بمجموعة مدهشة متنوعة من الأعلام الذين لم يتردد البعض بوصفهم بالجنون أو حتى بالشذوذ وبالكثير من الصفات السيئة الأخرى، فغدا أهم ما طبع شخصياتهم هو حبهم للمغامرة والمجازفة وعدم اعترافهم لا بالواقع ولا بحدود المعقول، فكانوا دائما تواقين للإبداع، شغوفين بالاكتشاف، لا يعرفون الكلل ولا الملل في أعمالهم فتراهم غالبا ما يواصلون الليل بالنهار ولا يعيرون لوقت الراحة أو النوم أو الطعام اعتباراً... لقد كان همهم الوحيد تجسيد طاقاتهم الخارقة ومجاراة فضولهم العلمي الخلاق حتى لو أدى ذلك إلى سيرهم لحتفهم بظلفهم (راجع قصة معاناة مدام كوري وعوق وتشوه مساعدتها الحسناء من جراء شغفهما بالمعدن المشع الذي دأبتا على مداعبته حتى قضى عليهما)، وممارسة النشاط تلو النشاط وفي مجالات لا تعرف الحدود وفي علوم لا تعترف بالتفرد. لقد طرق غالبيتهم أكثر من باب وولج جلّهم أكثر من اختصاص. خذ العالم الفيزيائي الفرنسي [جين – بابتيست بايو (1774–1862) Jean – Baptiste Biot] مثلا، فلقد كان ذهنا متيقظا وآلة فكر لا تُضاهى. لقد سبر هذا العبقري غور عدد من العلوم وأبدع فيها كالرياضيات وعلم الفلك ومطاطية المواد والكهربائية والمغناطيسية وعلم البصريات والتعدين، والذي دخل سجل الخالدين ليس بفضل قانون القوى المغناطيسية الذي وشّحه باسمه وحسب، وإنما بإطلاق اسمه على خام (البايوتايت–Biotite)[1] الصناعي الثمين كذلك. وخذ مثالا آخر؛ معاصره [فيلكس سافار

(1) Biotite – وهو الاسم الالماني الذي أُطلق على الخام المعدني الأسود المائل إلى الإخضرار الداكن الحاوي على مادة المايكا

(Felix Savart (1791- 1841] والـــذي انـبرى بـادي ذي بدء لدراسـة الطب، ولما لم تكن الصنعة قد بلغت مبتغاهـا التجاري (كما هو حالها في زماننا الراهن...!) بعد، فلقد شرع بدراسة الكمان الذي عشق العزف عليه وأجرى عدداً من التجارب على أوتاره حتى وجد نفسه منساقا ناذراً نفسه لدراسة الظاهرة الصوتية وصداها وطبيعة تأثير الهواء في انتقالها، كما عشق غناء الأطيار فحاكاها وأُغرم بذبذبة الأوتار فأبدع في سبر أغوارها فانكشفت أمامه أسرارها.

ولعلـه من اللافت للنظـر والإعجاب معاً أن نلاحظ من خلال دراستنـا المعمقة وسبرنـا لسير أفـذاذ هذا الكتـاب الذاتيـة وتفاصيل حياتهـم... أن الدراســة الأكاديمية الرسمية أو التحصيل الجامعـي أو حتى التحصيل المتوسـط والابتدائي لم يكن ليجد السبيل إلى حياة غالبيتهم العظمى. فخـذ على سبيـل المثـال العالــم العبقري السويسـري الجنسيـة الألماني المولـد الفيزيائي الفذ [يوهـان لامبير (Johann Lambert (1728-1777] والذي عكف على دراسة النسبة الرياضيـة الثابتة لمحيط دائرة مقسوماً على قطرها (بـاي – π) والذي أبدع في ذات الوقت في استنبـاط عدد من قوانين انعكاس وامتصاص الضوء، ذلـك العبقري الفذ الذي كان عصاميا في تعليـم ذاتـه إلى الدرجـة التـي لم يكن ليقضـي فـي أي مدرسة أو مكتــب أو جامعة فترة زمنية تذكـر! أما الفيزيائي الألماني اللامـع [جـورج أوم (Georg Ohm (1787-1854) والذي خُلد اسمه بإطلاقه على وحدة قياس المقاومة الكهربائية (أوميكا – Ω) التي تميِّز كافة الموصّلات وأشبـاه الموصّلات والمقاومات، فلم يـرو عطشه للعلم والمعرفة سوى شغفـه الذاتي لدراستهما بنفسه، فلم يعلمه أحد وإنما آل على نفسه إلا أن يراجع ويدرس كافة كتب من سبقه من الرياضيين الفرنسيـين معتمدا اعتمادا كامـلا على جهده الشخصي. وخذ مثالا ثالثا فذا، ألا وهو الفيزيائي الإنكليـزي الشهير [ميشيـل فـاراداي (Michael Favaday (1791-1867] والذي لم ير باب مدرسة في حياته ولم ينتظم في فصل دراسي قط! وقد كتب فيما بعد يصف حاله قائلا:

(Mica) وهـي عبـارة عن صخور بلورية تتألف من خليط السليكات الحديدية الممغنطة وعنصـري البوتاسيوم والألومنيوم، وذلك تخليـدا لذكـرى العالم والرياضي الفيزيائـي الفرنسي [جين – بابتيســت بايـو (Jean Baptiste Biot (1774-1862]– عن وبستر – المترجم.

((أكاد أخجل من إطلاق كلمة «تعليم» على أي تحصيل نلته! والحقيقة فإن كل ما استطعت نيلـه من تعليم وحتى بلوغي عامي الثالث عشر لم يكد يتجاوز القليل من القراءة الابتدائية واليسير من الكتابة المبسطة وبضعة أرقام وعلامات مثلت كل ما في جعبتي آنذاك من علم الحساب! والخلاصة فإن كل تعليمي وتحصيلي وحتى بلوغي سني تلك لم يكن ليتجاوز ما يحصـل عليه تلميذ اعتيادي في يوم دراسي واحد! فملت نفسـي المدرسة والدراسة لأني ببساطة لم أكن أعرف لا الكتابة ولا القراءة وهربت منهما وذهبت أبحث عن عمل..!!)).

وبإمكاننا الإسهاب في ضرب الأمثلة لعظماء لم يكملوا تحصيلهم الدراسي ولا العلمي، ومع ذلـك استطاعـوا أن يسطروا أسماءهـم بأحرف من نور في سجل الخالدين، وليس أدل على ذلـك مثلا الحائز على جائزة نوبل، الفيزيائي الفرنسي البـارع الذي قُرن اسمه باسم زوجته التـي أفنت حياتها في سبيل العلم وهو [بيير كيـوري (1859–1906) Pierre Curie] الذي كان شديد الخجل والتواضع بل كاد أن يوصف بضعف الشخصية والبلادة حتى استقر في نفسه انه ضعيف الفكر وقليل الذكاء فرفض الانخراط في أي مدرسة حتى الابتدائية منها!

يذكـر لنـا تاريخ العلـوم دومـا ويُذكِّرنا بـأن الخلفيـة التعليميـة الأكاديميـة لم تكن يوما حجـر زاوية كل عبقـري مبدع ولا مقياسـا لموهبتـه، كمـا ويذكـر لنا أيضـا أن ينبوع الإبـداع وجـذوة العبقريـة كثيراً ما تتفتـق وتؤتي أُكلهـا باكرا في حيـاة حامليها، فخذ علـى سبيل المثـال عبقـري الرياضيـات الألماني والفيزيائي الشهـير [كارل فردريخ كاوس (Carl Friedrich Gauss 1777–1855)] والذي كان نبعا ثرا يفيض بالعبقرية والنبوغ ومنـذ نعومة أظفـاره، فقد امتاز بطفولـة نادرة عجيبة حتـى أنه تعلم العد والحسـاب قبل أن يتعلـم الكلام، وتمكن قبل بلوغ عامه الثالث وخلال جلوسـه في حضن أبيه يوماً من تصحيح الخطـأ الحسابي الذي اقترفه والده في جمع رواتبـه وأجوره بمجرد النظر إلى الورقة التي كانت أمامهمـا!!، أما الكيميائي الفرنسي الفذ [ألكس بيتـي (1791–1820) Alexis Petit] فقـد استطاع إكمال المتطلبات العلمية لدخول (**المعهد العـالي للبولي تكنيك**) في باريس والاجابة علـى جميع الأسئلة المطروحة عليه ولم يبلغ عمره عشـر سنوات ونصف!! ومما أدهش أساتذته

وممتحنيـه أنـه استطاع أن يحقق أعلى معـدل نجاح في تاريخ ذلك المعهـد ولحد ذلك الوقت، فبهر كافة زملائه ومعاصريـه. وأما ما بلغه وأنجزه الرياضي الأيرلندي [السر وليم روان هاملتن (Sir William Rowan Hamilton (1805–1865] فقـد يصعـب على التصديق، لقد تمكن هـذا العبقـري من اللغة العبرية قراءة وكتابة وهو في سنته السابعة، وعندما بلغ الثالثة عشرة كان قد اتقن عدداً من اللغـات الآسيوية الحية كالعربية والفارسية والهندستانيـة والسنسكريتية والملاوية. وإذا أردنا أن نختـم أمثلتنـا عن بواكير العبقرية وسرعـة ظهورها في حياة حامليها دعنا نذكـر الفيزيائي الفرنسي الشهير صاحب الاسم الذي صاحب وسيصاحب وحدة الكمية الكهربائية مادام هناك حاسوب يعمل ومصباح يُضيء؛ ألا وهو [أندريه – ماري أمبير (Andre- Marie Ampere (1775–1836)] والذي ذُكر عنه تمكنه من جمع أرقام عديدة وعديدة جدا باستعمال الحصى الصغيرة وفتات البسكويت حتى قبل أن يعي الأرقام ويعرف أسماءها.

لم يكن هدفي، وأنا أبحث وأنقب وألخص أهم المراحل في حياة المبدعين الأمجاد الذين ضمهم كتابـي هذا، أن أضع السيرة الذاتية المفصلة لكل منهـم، ليقيني بأن ذلك الأمر سيفضي بي إلى ملء «آلاف» لا طائل منها من الصفحات، ولكن على العكس فإني حرصت على اقتناص لُباب الأحداث ونوادر النكات اللائي من شأنهن إضفاء المزيد من الإثارة والبهجة على النص المقروء فضـلا على إنارتهن لذهن الباحث الفطن ونقل عبق وشذى الحقبة الزمنية المحددة التي عاشها هذا العبقري أو ذاك، وبالأمانة الممكنة إليه. فعلى سبيل المثال، لقد قمت وعن سبق قصد بإفراد الفضاء اللازم لشرح معاناة [يوهانز كبلر (Johannes Kepler (1571–1630)] وكفاحه في دفاعه المستميت عن أمه التي واجهت خطر الاتهام بممارسة السحر الذي كان محرما آنذاك وكان المـوت حرقـا عيانا أمام الملأ هو العقـاب النازل فعلا فيها وفي كل مـن أُلصقت به تلك التهمة حتى ولو لم تثبت فعلا[1].

كمـا قمت بعرض مأسـاة الفيزيائـي والرياضـي الألماني اللامـع [رودولـف كلوزيس

(1) وأنّى لها أن تثبت فعلا سواء اليوم أم البارحة!!؟ (المترجم).

(Rudolf Glausius (1822–1888] التي أثرت فعلا على سيرة حياته العملية وعطلت عجلة إنجازاته العلمية لسنين طويلة، كي نعي ونفهم بأن علماءنا الأفذاذ ما هم إلا بشر لهم من الشعور والعواطف ما يتأثر بموت زوجة وهي على فراشها أو وهي توشك أن تلد طفلها، أو أن تقصم ظهره دعامة حديدية في طفولته ليعيش بعدها متألماً أشد الألم لبقية حياته، مثل الكيميائي البريطاني [وليم هنري (William Henry (c.1774–1836)]، أو أن يعاني آلام الجراح التي أصيب بها خلال قيادته لعربة إسعاف خلال الحرب الفرنسية – البروسية كما هو حال (كلوزيس) آنف الذكر.

ولا أخالني أجانب الصواب إذا ذكرت بأن للعبقرية ثمنا قد يكون فادحا تدفعه عائلة العبقري مرة ويدفعه هو مرات!! فكثير من زوجات العباقرة كن قد أترعن كؤوس المنون فانسدل ستار مسرح الحياة عنهن فدفعن ثمن مواكبتهن لهذا الألمعي أو ذاك العبقري حياتهن ذاتها، أما أزواجهن المفجوعين بهن فقد زيد لهم كأس ضعف من المرار بنتيجة فقدانهن مرة، ومن الوحدة والعيش بنكد لتربية أطفالهم وحيدين من بعدهن مرات. فعلى سبيل المثال توفيت زوجة الكيميائي الفرنسي (ألكسس بيتي–Alexis Petit) سريعا بعد زواجهما فقد ظلت أسيرة في فراش المرض بعد ستة أشهر من ذلك الزواج. ثم ما لبث ان وافاها قدرها المحتوم سريعا في عام (1817)، أما هو فلم يكن أحسن حالا منها فقد تشربه الكمد وهده الحزن وانطفأت جذوة الحياة فيه ولما يبلغ الثلاثين من عمره! أضف إلى هذه القائمة المأساوية كل من زوجة (كاوس) و(أمبير) والفيزيائي الفرنسي الشهير [بيير ويس (Pierre Weiss (1865–1940)] اللائي تخطفتهن أصابع المنون وهن ما زلن في شرخ الشباب، أما (بربارة) زوجة الفلكي الإيطالي (كبلر) فقد قتلها مرض التيفوس عام (1611)، وأما (زلس) زوجة الفيزيائي البريطاني [جميس جول (James Joule (1818–1889)] فقد توفيت في عام (1854) تاركة حضانة طفليهما إليه ليعانيها وحده! وأما ثالثتهما في ذلك (فكلارا) زوجة الفيزيائي الألماني [كوستاف كرشهوف (Gustav Kirchhoff (1824–1887)] والتي توفيت في عام (1869) تاركة الزوج المفجوع ليعزي نفسه وحيدا بتربية الأطفال الأربعة الذين تركتهم له بعدها، ومثلها فعلت (ماري) زوجة الفيزيائي الألماني [ماكس بلانك (Max Plank (1858–1947)] والتي

يتمت لـه أربعـة أطفـال صغـار كذلك بعد أن توفيت في عام (1909).

لا يختلف اثنان حول أهمية الإيمان والوازع الديني في حياة البشر وفي تشكيل شخصياتهم ونظرتهم إلى الحياة وإلى الوجود وفلسفتهم حول مآل الكون فضلا عن بداياته، فلقد اكتنف الايمان بالله (تعالى) والشعور الديني الصادق العميق قلوب الكثيرين منهم فأنارها بنور التوحيد والتقرب إلى الخالق (جل في علاه)، كما أن آخرين منهم كان قد اختار الإلحاد وناقض نفسه بعـد أن أيقن بوجود الخلق وكفر بوجود الخالق (سبحانه). وأولئك قلة غالبا ما تلمس الكثير من التعقيد في شخصياتهـم والقهر واللامنطق في إخضاعهم للدين في طفولتهم الأمر الذي انقلب إلى الضد بعد أن شبوا وصلُب عودهم.

وإليـك من المؤمنين رجال مشاهير أسهموا بإبـداع القوانين من أمثال الفيلسوف الطبيعي والعـالم الكيميائي البارع الأيرلندي [روبرت بويـل(1691–1626) Robert Boyle]، والـذي كان قـد تشرب بتعاليم العهـد القديم ونذر نفسه لحبه، فالمتتبـع لسيرة حياته لا يمكن أن يغفـل ملاحظة هذه الشذرة أو تلك أو هذه البارقة أو تلك... واللائي يجمع بينهن عامل مشترك واحد هو الرغبة الصادقة والدفقة العارمة لمحاولة فهم (ذات الإله عز وجل) وتمجيده مـن خلال فهم الطبيعة التـي أوجدها، أو عن طريق وضع واكتشـاف ودراسة القوانين التي تفسر تصرفها. لقد أوصى **(بويل)** لما بعد مماته وشدد على وضع كافة ثروته وريع أملاكه وقفا مخصصـا من أجل الدفاع عن الدين، وإعادة طبـع وتوزيع كافة محاضراته وكتاباته التي كانت تناهض الإلحاد وتحارب (بنفسٍ منطقي علمي) كل من لا يؤمن بوحدانية الله (تبارك وتعالى) وكل مـن لا دين لـه. أما العالم **(أمبير)** فقد آمن بقدراته على إثبات وجود الروح والتوصل إلى إثبـات وجود الخالق (جل وعـلا). وكثيراً ما نقل عن **(كاوس)** قوله، وكلما توصل إلى إيجاد نظريـة أو إثبات أخرى، بأن نصره في مسعـاه ونجاحه في إلهامه لم يكن ليتأتى من كثير معاناة ولا من فائض ألم من جراء البحث والتقصي، وإنما كان نفحة من الرحمة والايمان أودعت قلبه مصدرها الله عز وجل (ومن سواه؟!).

ولكنـي أعـود لأستـدرك القـول بأن ليـس كـل مـن وضع قانونـا أو أبدع نظريـة

لابـد وأن يكـــون مؤمنــــا موحـــدا، فهـذا الفيزيائـــي البريطـاني [وليـم هـنري بـراغ William Henry Bragg (1862–1942)] الـذي كان دائـم الاعـتراف بـأن أفزع مـا زرع الخوف والرهبة في قلبه طوال سني طفولتـه وحوّلها إلى جحيم أرضي حقيقي كان اطلاعه على قصص الدمار والعـذاب والخراب التي أسهب (التوراة) في سرد ظلماتها، ومع ذلـك كان قـد اقترب – في أواخر أيامه – من رياض الإيمـان حينما اعترف صراحة بأنه مهما أكدنـا على قوة العلـم وإمكانياته على تحقيق أحلام الإنسـان في الأرض أو في السماء فلابد لذلك الإنسان من دين وفكر ليزرع في ضميره تلك الأحلام أولا!!.

كان مـا سبق سردا مقتضبا لسير زمر العلماء المنقسمة بين الإيمان والإلحاد، ولكن بين دفتي هـذا الكتـاب أناس علماء عظام لا يكاد الباطل يجد لقلوبهم طريقا لا من بين أيديهم ولا من خلفهـم، أناس جُبلوا على الإيمان الصادق والتوحيـد العميق وتشرفوا بإعلان تدينهم وعزوا إنجازاتهـم العلمية لوازعهم الديني وإيمانهم الصادق لاغير.... وعلى رأس هذه الزمرة علماء أجـلاء من أمثـال (فـراداي – Faraday) و (وليم ثومسـن – William Thomson) و (اللـورد كالفـن – Lord Kelvin) و (جيمـس كلارك مكسويـل – James Clerk Maxwell) و (جول – Joule).

لقـد كان تمجيـد الله (عز وجـل) وتسبيحه وتعظيمـه متزامنا مع كل إنجـاز علمي بشري حققوه، كيف لا وقد كانوا كاملي اليقين بأن ما اكتشفوه لم يكن إلا من صنعه في خلقه (تبارك وتعالى). لقد كتب (جول) في عام (1873) وضمن هذا السياق، عدداً من المحاضرات التي لم تعنه صحته المعتلة حينها على قراءتها على الملأ ولكنها ظلت خالدة في بطون الكتب اقتبس لك منها ما يلي:

((لابد للكون من موجد ولابد للعلم من مبتكر، فبعد حصولنا على العلم (والذي لا يمكن مقارنته بما لله – سـبحانه – منه)، لابد وأن نعترف بفضـل من وهبنا إيـاه وفق إرادته (عز وجل). فإذا تم لنا اكتسـاب العلم صار لزاما علينـا استخدامه لمعرفة شيء من غايات الموجد (جـل وعلا) عن طريـق آلائه التي تحيط بكل ما حولنا كالروح والقـوة وحتى إرادة الخير

التي تنطق بها كل ما صنعته يداه (سبحانه).. وفي هذا السياق لا أرى غير تطابق الرأيين القائلين بأن الإقرار والتمشي مع الدلائل والبراهين المستقاة من القوانين الطبيعية من جهة، والإيمان بوجود... والإقرار بعظمة ذات الإله عز وجل (التي تظهر جلية ضمن التطبيق العملي – خلال الكون – لتلك القوانين من خلال استجابة مخلوقاته لها) من جهة ثانية)).

لقد استمسك الفلكي الشهير (كبلر) بذات الشعور كذلك ؛ وهو الإيمان بذات سامية وإله واحد جاهد طوال حياته ليتعرف على جانب منه وليكتشف جزءًا من عظمته (جل وعلا). حقق ذلك من خلال التعرف إلى... ومحاولة قراءة جانب من صفحة الكون الذي خلقه (سبحانه) والتعرف على آياته فيه، فلقد آمن بأنه إذا ما كان للإله (لغةٌ) فلابد أن تكون (حسابية) المعنى، (رياضية) المبنى! وبما أن الله عز وجل كان قد خلق الإنسان (على صورته) ونفخ فيه من روحه، فلا غرابة من أن يستطيع ذلك الإنسان (المؤمن بخلق الله وبأنه هو ذاته، أحد مخلوقاته) من أن يفهم الكون الذي خلقه الله له وخلقه هو فيه... فلقد جاء في مؤلف (كبلر) الموسوم (محادثاتي مع رسل غاليليو عبر الأفلاك) ما يلي:

((تمتاز الهندسة بكونها فريدة من نوعها كعلم؛ فهي علم سرمدي خالد!! تتملك الذهن وتنير العقل، ولأوضح ما أعني دعني أقول لك بأنها موجودة في كل ما يحيط بك من أشياء، بل هي عماد الكون والمفتاح الذي أُعطي لنا من قبل صانعه لنفهمه، ذلك لأن ذهننا البشري تمكن من اكتشافها وفهمها والتلذذ بها، ولعل في الهندسة الموجودة في الكون ومفتاحها الموجود في عقولنا الدليل القاطع بأننا نحن – بنو البشر – قد خلقنا على صورة الإله – عز وجل – فنحن نفهم لغته التي خلق بها ما خلق من أكوان وعجائب. لقد كان في نيتي أن أكون راهباً معتكفاً دارساً للأديان ولكنني عدلت عن ذلك، لأنني الآن أستطيع أن أرى الله (سبحانه) من خلال إيجاده لمخلوقاته وإيجاده للكون ذاته، فأنا أعرف كيف أكتشف ما صنع وهذا ما جعلني أنساق وأُعجب أيما إعجاب بعلم الفلك، ففي السماء يمكث مجد الإله وبديع صنعه!)).

يؤمن الكثير من علماء العصر الحديث أو على الأقل لا يستبعدون فرضية وجود الخالق وراء

وجود القوانين التي أوجدها في الكون وإخضاعه للتصرف بموجبها. فها هو عبقري الفيزياء الفلكية البريطاني (ستيفن هاوكنج – Stephen Hawking) يقر بثبات وفعالية القوانين الفيزيائية الكونية منذ اللحظة الأولى لتكوينه، وفي هذه الحالة لابد من وجود إرادة عظمى وقوى كونية مسيطرة، أي لابد وأن يكون الله (عز وجل) قد اختار الظروف الأولية واللحظة المناسبة لإيجاد الكون. ليس ذلك فحسب بل ليس لنا وحتى بالمنطق العلمي المجرد إلا أن نقر بأن قوةً هائلةً، عظيمة قادرة جبارة هي التي أوجدت مثل هذا الكون الذي نعيش فيه بكل تفاصيله وبعظيم أبعاده وتنوع موجوداته، ولابد أن تكون هي وحدها القادرة على اختيار مجموعة القوانين التي تحكمه.

لقد جاء في كتاب ستيفن هاوكنج الشهير (الثقوب السوداء والأكوان الفتية) ما يلي:

((إن باختيار المولى عز وجل – أو قوى الطبيعة كما يحلو للطبيعيين أن يسموها – لمجموعة القوانين التي تحكم هذا الكون الذي نعيش به نتيجة منطقية؛ انه إذا ما فرضنا وجود اكوان أخرى، فإننا لا نستطيع رياضيا نفي وجود مجاميع مغايرة منها فيها. ومع ذلك فلابد من وجود بعض القواسم المشتركة، بمعنى وجود عدد قليل على الأقل من القوانين والتي بإمكانها أن توجد مخلوقات عاقلة أمثالنا. وحتى لو كان هناك مجموعة واحدة من هذه القوانين الفريدة القادرة على إنشاء موهبة الذكاء وملكة التفكير فلن تكون أكثر من مجرد معادلات بسيطة. إلى الآن لا يوجد أي اختلاف في التفكير ولا خطأ منطقي في الحساب ولكن المشكلة تكمن في السؤال المحيّر التالي: ما هو ذلك الشيء الأزلي الخارق الذي يستطيع أن ينفخ الحياة في تلك المعادلات ويخلق لها كونا تتجسد قوتها فيه؟ وهل ستكون لنظرية المجال الموحد (Ultimate Unified Theory) التي نسعى نحن جميعا للملمة أطرافها وحل أحاجيها تلك القوة المبدعة والقابلية المقنعة التي تمكنها من وضع لمسة الكمال الأخيرة عليها بنفسها؟)).

لقد عبر الفيزيائي والفلكي الإيطالي الشهير [غاليليو غاليلي (Galileo Galilei (1564–1642)] في عام (1623) عن آراء معظم الفطاحل الأجلاء والعباقرة العلماء المذكورين في هذا الكتاب حينما صرح بأن الكون على عظمته وتعقيده يمكن

فهمه ببساطة عن طريق الرياضيات فكتب يقول: **(لقد كُتب سفر الكون بحروف رياضية)**. ومن آراء نيوتن (Newton) حول نشأة الكون والكواكب السابحة فيه: **(إنه آمن بأن المولى عز وجل كان قد خلق الكواكب ورمى بها إلى مداراتها، ولكن حتى بعد أن أمرها بالانصياع إلى قانون الجاذبية كان عليها أن تتخذ بنفسها بعض التدابير وتقوم ببعض التعديلات على مساراتها حتى تنتظم نهائيا في مداراتها تلك)**.

لقد كتب المحرر العلمي لمجلة نيويورك تايمز(New York Times) الكاتب (أدورد روثستين – Edward Rothestein) قائلا: إذا ما جمعنا العوامل التالية والمكونة من: الحدس العلمي العام (وحتى المفهوم غير العلمي) بأن في الكون نظام لا يمكن تجاهله، وأن للعقل وللإنسانية قابلية لا شك فيها على إدراك النظام (كالاكتشاف، والتمتع بالرياضيات، والهندسة وتطبيقها على أوجه الحياة ومظاهر الكون المتعددة)، وأن هذا النظام وأن هذا الكون لا يمثل كيانا طيعاً مرناً إلى ما لا نهاية (بمعنى لا يمكن أن تحدث به بعض الأحداث الشاذة بصورة متكررة ولا بين الحين والحين).. أفلا تعتقد وتتصور بأن في جمعنا لهذه العوامل سنتوصل حتما إلى مبادئ الإيمان؟

لعل أكثر ما شد انتباهي وأثارني وأيقض حواسي كمؤلف وليس كقارئ لهذا الكتاب هو الجانب المتعلق بالاكتشافات (الكهربائية) لأناس غاية في التدين وقوة الإيمان.

خذ مثلا عصرنا الحاضر بكل إنجازاته وتقنياته التي أصبحت في الآونة الأخيرة حقا (لا يتصورها الخيال). إن عصرنا هذا يستحق وبحق أن يحمل اسم (عصر المعلومات)، ولا يشك أحد في ذلك نظرا للشأن السامي الذي ارتفعت إليه الحواسيب والدوائر المدمجة وطرق نحت الترانزستورات والوصلات الإلكترونية على مستوى الذرات إن لم نقل على مستوى الجزيئات، وبلوغ البرامجيات حدا من التطور يفوق الخيال، كما لا حاجة لي بتذكيرك بعمود الإنجاز الحواسيبي العصبي وأهميته وأعني به (الشبكة العنكبوتية العالمية – www.) وكيف قلبت عالمنا اليوم رأسا على عقب، ولكن أود التركيز وجلب انتباه الجميع إلى أن كل ذلك لم يكن ليحدث لولا اكتشاف واستخدام الكهرباء فمن هم أولئك العظام الذين قامت (الكهربائية) على أكتافهم؟

إنهم الأفذاذ من أمثال أمبير (Ampere) وشارل أوكستين دو كولوم (Charles Augustine de Coulomb) والكونت ألساندرو فولتا (Count Alessandro Volta) وهانس كرستيان أورستد (Hans Christion Qrsted) وفراداي (Faraday) ماكسويل (Maxwell). لقد كان الجل الأعظم من هؤلاء العلماء (ذوي الأفكار الكهربائية النيرة!) والذين عاشوا خلال القرنين الثامن والتاسع عشر أناسا متدينين بأسمى مراتب التدين، وقد أوصلتنا عقولهم وأفكارهم (الكهربائية) المتوهجة إلى التمكن من بناء بواكير الديناموات ومن ثم المولدات الحديثة (المائية والحرارية والانشطارية) والتي تزود مدننا العظيمة اليوم بالطاقة.

مناقضة المسيحية للعلم ومناهضتها له

لقد كتب (ميشيل كيولن – Michael Guillen) في مؤلفه الممتع (المعادلات الخمس التي غيرت وجه العالم) ما يلي حول التناقضات الجمة بين المسيحية والعلم والتي كثيراً ما كانت تصل إلى ذُرى مأساوية لم تكن في صالح أي منهما:

((لقد كان موضوع الأقانيم الثلاثة في المسيحية (الآب والابن والروح القدس) لاتباعها ولا يزال مصدرا محيراً ومنبعاً للريبة والنقاش سواء للمتدينين منهم أو لغيرهم من أنصار أو من دارسي هذا الدين[1]، كما كان موضوع الجمع بين أو تفسير العلاقة بين الكهربائية والمغناطيسية وقوى الجذب مصدر حيرة الفلاسفة والعلماء الدائم، فقد كان الجدل محتدما حول حقيقة الخصوصية البنوية التي تتمتع بها كل قوة مما جعل الفلاسفة يطرقون ويفكرون ويواصلون نبش لحاهم بأيديهم متسائلين، هل علينا أن نقر فعلا باستقلالية وخصوصية كل قوة لوحدها أو أعساها كلها حقيقة واحدة بثلاث صور كما تقول المسيحية؟!!)).

في خلال مرورك بصفحات هذا الكتاب ستلتقي... وبلا شك وعند موضوع (الكهربائية والمغناطيسية) بالعالم الفرنسي الفذ [شارل أوكستين دو كولموم Charles Augustin de Coulomb] الذي اكتشف بأن القوى المغناطيسية الجاذبة أو النافرة ما بين رأسي قطبين مغناطيسيين معلقين في الهواء لابد وأن تتضاءل متناسبة مع مربع المسافة الفاصلة بينهما، كما اكتشف بأن كافة الأجسام المشحونة المعلقة بخيوط في الهواء لابد أيضا أن تخضع لقانون (التربيع العكسي) تماما كما تخضع له أجرام (نيوتن) الدائرة حول الشمس في أفلاكها.

(1) أصل الإيمان الذي بنيت عليه الأديان السماوية الثلاث وما آمن به الرسل منذ آدم (عليه السلام) مرورا بأبي الأنبياء إبراهيم عليه السلام وحتى خاتمهم محمد (صلى الله عليه وسلم) هو التوحيد – المترجم.

وستمر أيضا بعالم جليل آخر اسمه (فارادای – Faraday) والذي استطاع أن يثبت عمليا قابلية إنتاج المغانيط المتحركة للكهربائية وبناء على ذلك واستنادا للأفكار الموحاة إليه من الأعمال التي قام بها العالم الكهربائي التجريبي الإيطالي الشهير [لوجي كلفاني (Luigi Galvani (1737-1798] فقد توصل، وهو عالم اللاهوت المسيحي المتدين إلى القول والتشديد على أن لكل شيء حي روح ولابد وأن تكون روح الكون الذي نعيش فيه هي هذه (الكهربائية) التي اكتشفناها وأسهبنا في دراستها.

مناقضة المجتمعات للعلم ومناهضتها لرواده

لقد عانى الكثير من علماء هذا الكتاب من الكثير من التهكم والظلم والمجافاة للنيل من أفكارهم التجديدية إلى درجة مقاومتها ومناهضتها بل ومقارعتها من قبل زملائهم ونظرائهم ومجافاة مجتمعاتهم لهم لدفاعهم عنها الأمر الذي جرح كبرياءهم بالصميم وآذى أشخاصهم وأكلم شخصياتهم في العمق!! فهذا العالم (أوم – Ohm) وقد رُفضت أفكاره وجرحت مشاعره إلى الدرجة التي دفعته إلى الاستقالة من منصبه الكهنوتي في الكلية اليسوعية في كولون (Cologne) حيث كان يشغل منصب كبير أساتذة الرياضيات ومدرسيها. وبعد أن كان أعلى أعلام الرياضيات في عصره وشخصية مرموقة في مجتمعه، وجد نفسه وقد لفته الفاقة منبوذا وقد طرد من عمله حتى أدار الزمن له ظهره لما تبقى له من عمره. ولعل في مذكرة التوبيخ التي نشرت بحق كتابهِ في الفيزياء ما يعكس مقدار الظلم الذي صبه مجتمعه وأصحابه عليه، حيث جاء فيها: « يقر مجلس العلماء المنعقد لتقييم جهود السيد (أوم – Ohm) من خلال تقييم كتابه في الفيزياء بأن هدف هذا الكتاب وخالص الجهد المنصب فيه لم يكن له إلا هدفا واحداً صريحاً وواضحاً ألا وهو سلب الوقار والاحترام من الطبيعة والإقلال من منزلتها، بل وإهانتها!!» أما وزير التعليم الألماني فقد نعت أوم بأنه (الأستاذ الذي قدم وحاضر بمواد مليئة بالبدع والخرافات والهرطقة التي لا ترتقي إلى مستوى المواد الصالحة للتدريس).

ولم يكن حظ (نيوتن) بأحسن من حظ معاصريه فلقد قام زميله ونظيره الفيزيائي البريطاني [روبرت هوك (1635–1703) Robert Hooke] بكيل التهم إليه وصب التحديات عليه إلى الحد الذي قرر (نيوتن) معه تأجيل طباعة وإصدار واحد من أهم أعماله في البصريات (Opticks) وحتى وفاة زميله الأخير هذا. وقد كاد النقاش العقيم والاتهامات الحادة التي كالها (الآباء اليسوعيون – Jesuits) الإنكليز إلى نيوتن أن تقوده إلى الجنون حيث لم يكن في وسعهم إدراك ما ذهب إليه هذا العبقري بخصوص موضوعاته ونظرياته حول الضوء والألوان،

ولقد استمرت هذه المحادثات واحتدم النقاش والتجريح ليس بمستوى وصحة العلم الذي جاء بــه فحسب بل وبشخصيته وبشرفه وبإيمانه إلى الدرجة التي دفعته إلى مشارف الانهيار العصبي التام. هذا ولقد أعمى الحقد والحسد (همفري ديفي (1829-1778) Humphry Davy) زميل وأستاذ العالم (فراداي – Faraday) بعد أن حقق هذا الأخير الكثير من الشهرة والنجاح والتفوق العلمي فصار الأول يكيل الاحتقار للثاني ويوصمه علنا بالخزي حتى انهار وأصيب ووقع، كما وقــع (نيوتن) في أحضان الانهيار العصبي فــكاد أن يُجن!! واستمر في مناهضته وتدبير المكائد لــه وبذل الجهود المضنية من أجل أن يمنــع ترشيحه وانتخابه لمنصب الجمعية الملكية للعلوم حتى نجح في مسعاه!!

اشتهر الفيزيائي النمساوي العريــق [لودوك بولتزمن (1906-1844) Ludwig Boltzmann)] بأعمالــه الخالــدة حــول (الميكانيــكا الحراريــة – Thermodynamics) والحــرارة و(الأنثالبية – Antropy)، أي زيادة كمية الفوضى في أي نظام حراري أو كيميائي أو طبيعي، كما اشتهر باستخدام مفهــوم الذرّة كأصغر وحــدة للكيان المادي لتفسير إمكانية اعتبار الحــرارة كصفة وكدالة إحصائية تستنبط منها الصفة الحركية لمجاميع الذرات المكونة لها، ومع كل إنجازاته ومركزه الاجتماعي المرموق تراه لم يكن في منأى عن المضايقة والمشاغبة والحسد بل وحتى من حياكة الدسائس وتدبير المكائد له من قبل معاونيه وزملائه في العمل والبحث (العلمي!!) للدرجــة التي دفعت كلا من (أرنست ماخ (1916-1838) Ernst Mach) و (فلهلم أوستوالد (1932-1853)Wilhelm Ostwold) إلى التشكيك بقدراتــه على حيازة منصبه وبقابلياتــه العلمية إلى الدرجة التي أزّمت حالتــه النفسية، حيث كان عالما مصابا (بالكآبة) إلى الدرجة التي لم يطق الحياة معها فقتل نفسه في عام (1906). ولقد ظهر من التحليل النفسي الرجعي لشخصية (بولتزمن) بأنه كان مصابا بالانفصام والشخصية المزدوجة التي كانت تتأزم خلال تدهور حالاته النفسية والعاطفية والتي كانت تتزامن مع استمرار حدة مناقشاته مع زملائه الذين تعمــدوا إيــذاءه والنيل منه كيداً من دون وجه حق، وكل ما نعرفــه بخصوص تلك الحادثة الأليمة على وجــه اليقــين هو أنه انتحر بشنق نفسه إلى شجرة خلال عطلة قصيرة وفي أثناء نزهة عائلية له مع زوجته وابنتــه. ولا نستغرب نبذ المجتمعات لعلمائها والكآبة التي اكتسبهــا العلماء من قِراع مجتمعاتهم لهم،

فلقـد أُصيب بها (بتي – Petit) و(نيوتن – Newton) وقـد أوصلت (كاوس – Gauss) إلى حد الجنون!!

ولعـل في نبـذ المجتمعات والأصدقاء والحسـاد للعلماء والمبدعين عادةً، بـل عُرفا تواترت عليه الأجيال فهناك الكثير والكثير من المبدعين والفطاحل والعباقرة واللوامع الذين لم يتح لي ضيق المجال ضمهـم إلى أحضـان هذا الكتاب والذين كان عليهم دفع ثمن باهـظ من المعاناة والصبر والمجالدة ضـد مناهضيهم وحسادهـم وحتى ضد من سعى إلى تدميرهم واقصائهـم وإليك الأمثلـة لذلك: جوبهـت الاكتشافات الثوريـة للمضادات الحيوية التي قام بهـا البيولوجي السكوتلاندي الشهير [السـر ألكسندر فلمنك (Alexander Fleming (1881–1955)] بالكثير من اللامبالاة من قبـل زملائـه وأصدقائه، كما قـاوم بشدة وبمكر الكثير مـن الجراحين والأطباء الجـراح الإنكليزي [جوزيـف ليسـتر (Joseph Lister(1827–1912)] وأفكاره وتطبيقاته حول ضرورة مزاولة الجراحـة تحت الظروف المعقمة منعا لحـدوث الالتهابات والأخمجة، كمـا رُفضت وبشدة أفكار وأعمال المخترع الأمريكي اللامع [جستر كارلسـون (Chester Carlson (1906–1968)] مختـرع آلـة الاستنساخ الشهـيرة (الزيروكـس –Xerox) من قبـل أكثر من عشرين شركـة قبل أن يتمكـن من بيع اختراعه والاستفادة المادية منه، وأخيرا فقد عانت نظرية العالم الألماني [ألفريد ويكنر (Alfred Wegner (1880–1930)] الخاصة بتزحزح القارات وانجرافها الكثير من الاستخفاف والإهمال من قبل معاصريه من علماء الأرض والجيولوجيا، فلم يعرها أحد منهم اهتمامه.

ولم تقتصـر معاناة مبدعي القوانين على المجتمع والزملاء والحساد، فلقد كان على بعضهم صـد الطعنات التي كانت توجه إلى ظهورهم من الخلـف من قبل أحب أحبائهم، كأمهاتهم وآبائهـم وإخوانهـم، فخـذ على سبيـل المثـال والدة العبقري (كولوم – Coulomb) التي أرادت مـن ولدهـا أن يمتهن مهنة الطـب وأصرت على ذلك ولكن ولدهـا أصر بدوره على دراسة المواضيع الكمية التي أحبها كالهندسة والرياضيات؛ من هنا دب الخلاف داخل العائلة بين الأم والابن ذوي الميول المتضاربة واحتدم الشجار بينهما وحمى وطيسه الأمر الذي دفع الأم للتخلـي عن ولدها والتـبرؤ منه رسميا فلم يعد ابنها قانونا علـى الأقل، ولك أن تتصور

مدى الأذى النفسي والشرخ العصبي الذي يمكن أن ينتج عن مثل هذه الأفعال.

هـذا ولقـد تصادم كـل من الفيزيائـي والرياضـي الإيطالي الشهـير [دانييل برنولي (Daniel Bernoulli (1700-1782] والرياضـي اللامع (بيو - Biot) مع والديهما وثـارا عليهمـا لاصرار الآباء على انخـراط الأبناء في سلك الأعمال والتجـارة. وقد حبا الله الكيميائـي السكوتلانـدي [تومـاس كراهـام (Thomas Graham (1805-1849] أبـا متزمتـا قاسيـا أصر علـى انخراط ابنـه في سلـك اللاهوت ليصبـح أسقفـا في الكنيسة السكوتلانديـة وعمـل ما بوسعه لثنيه عـن الشروع والاستمرار فيما يعشقـه قلبه وتتوق إليه نفسـه من حب لعلوم الكيمياء. ولعل نجم سعـد (كراهام) تمثل بوالدته وأخته اللتين وقفتا إلى جانبه وشجعتاه بكل ما أوتيتا من قوة وإصرار فكان ذلك طوق نجاته من الانهيارات العصبية والسبب في مضيه لتحقيق أحلامه وإنجازاته العلمية في ميدان شغفه الذي ولع به فأبدع.

لقـد عانـى غالبيـة مبدعي القوانين في هذا الكتـاب من نوع أو آخر مـن أنواع العوق الجسـدي و/ أو النفسـي ؛ فهـذا الكيميائـي والفيزيائـي وعالم الأنـواء الجوية الإنكليزي [جـون دالـتن (John Dalton 1766-1844] الـذي عانى من عمـى الألوان، وذاك الرياضي الفرنسي [جوزيف فوريـه (Joseph Fourier (1768-1830] الذي عانى مـن عوق من نوع خاص جعله دائم المعاناة من الشعـور بالبرودة فكان نادرا ما يود الخروج خـارج الدار بـدون اعتماره لمعطف ثقيل وكان غالبا ما يصطحـب خادمه معه حاملا لآخر كاحتيـاط، حتى في أعز أيام قيض الصيف. وكان (كرشهـوف Kirchhoff) بحاجة إلى عُكازيـن لا يقـوى على المشـي بدونهما، كما كان (هـوك - Hooke) شديـد المعاناة من طفولـة مريضـة بائسة رافقه الصـداع المدمر فيها ولم يكن يتوقع له أن يصـل حتى إلى أعتاب الصبا! وهذا (كبلر - Kepler) الذي قدر له أن يصاب بالكساح منذ طفولته، ذلك المرض الـذي تقوست معـه ساقيه إلى الخـارج وأصيب بالكثير مـن الدمامل في وجهـه كما عانى مـن ضعف شديد في البصـر في كلتا عينيـه، وذاك الكيميائي البريطاني الشهـير [وليم هنري (William Henry (1775-1836] الـذي أصيب في طفولته بحادث عانى معه من آلام

مبرحة طوال حياته والتي دفعته قسرا إلى إنهاء حياته بيديه فانتحر!! ومن جانب آخر فقد أثرت أعمـال وأبحاث بعض عظمائنا عليهـم مباشرة فعانوا من جرائهـا صحيـا، فخـذ على سبيل المثـال الكيميائي الفرنسي الشهير [بيـير دولـون (1785–1838 Pierre Dulong)] والـذي بتر انفجار إحـدى تجاربه أصابع يديه وأطـاح بإحدى عينيه فعاش كـريم العين بدون أصابع لما تبقى له من حياته!!.

لقـد لعبت الإعاقة الجسمانية ونكاد نقول الشعور بالنقص العضوي دورا محوريا في تبلور شخصيات هذا الكتاب وتمكنها من كتابة أسمائها في سجل الخالدين فقد قيل (كل ذي عاهة جبار)، ولعل هذا ما أكسب أولئك الأفراد الشعور الحقيقي بضرورة التميز وشحن إمكانياتهم وقابلياتهم لتحقيق رغباتهم في التعويض عما لحق بهم وعانوا منه فكان في ذلك الدافع المحرك الأساسي لهم لوضع بصماتهم على وجه العالم ولبلوغ الخلود المعنوي بما حققوه من إنجازات مبدعة شهدت لهم الدنيا والتاريخ بها.

ولعـل حب التعويض عما لحق بالكثير من العباقرة مـن التشوه الجسدي والعوق الفيزيائي وحتى شعورهم بالانطواء والتغرب عن العالم المحيط بهم هو ما حفزهم لإذكاء روح الإبداع لديهـم ودفعهم إلى الاجتهاد بوتائر لم تعرف لغيرهم سبيلا، فلقد وجدت شخصيا على سبيل المثـال وخلال بحثي وتقصياتي لتحقيق كتابـي المعنون (العقول الغريبة والعبقرية) بأن شعور القهر النفسي وحتى الهشاشة الجسمانية والخوف من المرض أو الموت المبكر هو ما دفع الكثير مـن العباقرة المبدعـين إلى تحدي الذات ومقارعة المستحيل وكانت هـي العوامل التي أذكت لديهم حب الإبداع والوقوع تحت ضغطه ومرارته[1].

أمـا بخصوص الخالق (عـز وجل) ووجود الحيـاة وانتشارها في الفضـاء والكون فلنا ان نعجب حقا من الأعداد الكبيرة من العمالقة الذين جاء ذكرهم فـي هـذا السِفر والذين آمنوا

(1) لي أن أضيـف هنـا بأن لا أحد ينكر الجانب السلبي المتمثل في الخوف من الموت والإحباط والإقصاء المرضي وأهميته في إذكاء الجانب المبدع لدى الإنسان (إن كان ضمن الحدود المحتملة) ولكن لي أن أشدد على أهمية الجانب الإيجابي أيضا المتمثل بقوة الإيمان وزرع حب العلم والتعلم وتشجيع الإبداع لدى النشء كذلك – المترجم.

حتى النخاع بإمكانية بل وبضرورة وجود الحياة خارج سطح الأرض، فلقد دفعهم إدراكهم العلمـي وإيمانهم الديني إلى الاعتراف بضرورة انتشار أشكال الحياة (حتى لو لم تكن مشابهة لنمطها على الأرض) خلال الكون.

خـذ العـالم [(يوهـان لامبـير – (Johann Lambert (1728–1777)] مثـالا على الإصـرار علـى عظمة الخالق وإمكانية التصـرف في خلقه؛ فلقد آمن بضـرورة وجود الحياة (أي نوع من الحياة) على كافة الكواكب والأقمار والمذنبات التي تملأ الكـون، ففـي كتابـه الموسـوم (الملخص في علـم الفلك – Cosmologische Briefe) أكد لامبير على القدرة اللامتناهية للخالق (عز وجل) والذي لا يُعقل أن يترك حبة رمل ولا أصغر من ذلك ولا أكبر دون أن يشحنهـا بالمناسـب من القوى والفعالية (بصـورة أو بأخرى) وبالطريقة التي تجعلها جميعا وعلى اختلاف تنوعها خاضعة لقوانينها الخاصة بها و/أو لقوانين عامة كونية لابد لنا أن ندركها كحضارة عاقلة سواء عاجلا أم آجلا. ومثل ذلك آمن الفلكي الشهير [يوهان بود – (Johann Bode (1747–1826)] بأن كل ما يستحق الوجود في الكون مثل الشمس والنجـوم والكواكب والأقمار والمذنبات – لابـد وأن تقطنها حضارات عاقلة، فقد أوضح (بـود) وأصر على المناداة بأن قدرة الخالق على جعل أجرامه مأهولة بالسكان (وبأي نوع أو بأي صنف كان – وليس بالضـرورة كما هو عليـه حالنـا على الأرض) لهو الهدف الأعظم من الخلق، هذا وأن وجود الحياة خارج كرتنا الأرضية وكونها على قابلية وجاهزية واستعداد تـام لإدراك خالقهـا وتفهـم وتعظيم جلاله والتسبيح بحمده وإدراك الغايـة التـي وضعهـا لوجودهـم عليهـا لهو الغرض الأساسي مـن الخلـق والسبـب المباشـر للوجـود، هذا وقـد ساق الفيزيائـي [ديفيـد بروستر – (David Brewster (1781–1888)] فـي كتابـه الموسـوم: (هناك أكـثر من عالم واحد) عدداً من الأسبـاب المستوحاة من التوراة والتـي استند عليها لتفسير وجوب وجود نظام شمسي مماثـل لنظامنا وكواكب تدور حوله كمـا تدور الكواكب في نظامنا... كمـا وساق الأمثلة لوجوب وجود الحياة على كل شمس وكوكب وقمر منها!!

أمـا الفلكي العريق (كبلر – Kepler) فقد كتب قصة مـن قصص الخيال العلمي أسماها (النـوم أو الحلـم – Sominium) والتي يخيل لنا فيها قمر الأرض مسكونا بكائنات تشبه الأفاعي العظيمة من ذوات الجلود الاسفنجية هائلة الثقوب؟!!

وبعد تصنيف مكتشفينا العظام في هذا الكتاب وفق معتقدهم الديني وعمق إيمانهم ووفق ميولهم النفسية وتعقيداتهم السيكولوجية ووفق اتفاقهم مع عوائلهم أو اختلافهم معها، فإن الأوان لتصنيفهـم ووفق طبيعة خلقتهـم ونشوئهم قد آن!، فليس من الصعب بعد مراجعتك للكتاب أن تستنتج بأن جينات العديد والعديد من مكتشفي (قوانين الحقيقة) في هذا الكتاب لابد وأن تكون (جينات فيزيائية!!).

نعـم ذوو – **جينـات فيزيائيـة** – تناسلـت بـل وتمازجـت مـع عوائلهـم وهبطـت معهـم أبا عن جد، خـذ على سبيل المثـال العائلة (بـراك – The Braggs) فمنها الأب [وليم هنري براك (1862–1942) William Henry Bragg] والابن [وليم لورنس براك (1890–1971) William Lawrence Bragg] واللـذان مُنحا جائزة نوبل للفيزياء في عام (1915) مناصفـة لأعمالهما الخالدة ودراساتهما المستنيرة في حقل الكيان البلوري للمواد فاتحين سفر ذلك العلم وواضعين أسسه ومطلقين ألغازه وفضائله للعالم.

ثـم خـذ العائلة الألمانية (الكولروش – The Kohlrausches) التـي أنجبت الفيزيائي الشهير [فردريـخ فلهلم كولـروش (1840–1910) Friedrich Wilhelm Kohirausch] والذي تعـاون مع أخيـه الفيزيائي [فلهلم فردريـخ كولروش Wilhelm Friedrich Kohirausch] في ميـدان الكيمياء الكهربائيـة إضافة إلى والديهمـا الفيزيائـي الشهـير [رودولف كولروش (1809–1858) Rudolph Kohlrausch] والـذي أمضـى سني عمـره في إجراء التجارب في مختلـف ميادين العلـوم المصاحبة. وكمثـال ساطع آخر على مـرور (**جينات الفيزيـاء**) وانسيابها مـع الدم العائلي من جيل إلى الجيـل التالي، لدنيا العائلة السويسريـة الاستثنائية (البرنوليون – The Bernoullies) التـي أنجبت ثمانية مـن فطاحل الرياضيين خلال ثلاثة أجيال فقط، أسهم كلهم خـلال القرنين السابع والثامـن عشر بمد العالم بأعظم اكتشافاته التـي ساعدت على تقدمه وتطويره

لحقول علمية كثيرة كالهيدروديناميكا وحساب التفاضل والهندسة التحليلية ونظرية الاحتمالات والهندسة والميكانيك وعلم حركة القذائف وإطلاق الصواريخ والديناميكا الحرارية وعلوم البصريات والمغناطيسية والكهربائية وعلم الفلك، وقدموا كما لم تقدم للعلم والعالم عائلة أخرى مثلها عبر التاريخ!

وكمثال آخر لعائلة لامعة أخرى دعنا نذكر الأب العبقري الفيزيائي الألماني [كوستاف وايدمن Gustav Wiedemann (1826–1899)] والذي امتاز بذكائه الاستثنائي ونسبه الأصيل والذي اشتهر بقانون (وايدمن – فرانز) إضافة إلى إشغاله لمنصب الأستاذية في الكيمياء الفيزيائية في جامعة ليبزك (Leipzig). كان هذا الأب قد انجب اثنين من العباقرة كما كانت أمهما وهي زوجته (كلارا –Clara) مترجمة علمية لامعة أسهمت في ترجمة كتاب الفيلسوف الطبيعي الأيرلندي [جون تندال (1820–1893) John Tyndall] والموسوم (الحرارة كأحد نماذج الحركة) إلى الألمانية. أما الابنان فقد نبغ الأكبر (إلهارد – Eilhard) بالفيزياء فأصبح فيزيائيا مرموقا ومؤرخا للعلوم وله شرف أول من استعمل مصطلح (اللمعان – Luminescence] في علم الإنارة، كما نبغ الابن الأصغر (ألفريد – Alfred) في علم المصريات القديمة (Egyptologist) حتى صار حجةً عالمية فيها.

وإذا واضبنا على تتبع النسخ العبقري الصاعد خلال العوائل فلابد أن نعرج على ذكر عائلتين مهمتين تميزتا بالإبداع وأفادتا العلم والبشرية أيما فائدة وهما عائلة الفيزيائي الألماني الشهير [أدولف فك (1829–1901) Adolf Fick] الذي اشتهر اسمه باقترانه بقوانين الانتشار. لقد كان لهذا النابغة أخوان. برع الأول كأستاذ في علم التشريح الآدمي (Human Anatomy) وبرع الآخر كأستاذ في علوم القانون، أما العائلة الثانية التي لا يجب أن يغفل ذكرها أي كتاب لتاريخ أو لتصانيف العلوم فهي عائلة الفيزيائي الفرنسي (بيير – Pierre) وزوجته الملهمة البولندية الأصل (ماري – Marie) والتي حملت اسم عائلة زوجها (كيوري – Curie) اللذان حصلا على جائزة نوبل للفيزياء في عام (1903) لبحوثهما المشتركة المتعلقة بالاشعاعات، أما (ماري) فقد استطاعت الحصول

على جائزة نوبل مرة ثانية في الكيمياء وذلك في عام (1911) لاكتشافها عنصري (الراديوم – Radium) و(البولونيوم Polonium) الجديدين على الجدول الدوري وبذلك أصبحت هذه الفتاة البولندية أول من حصل على، أو شارك في الحصول على جائزتي نوبل في العالم. وأما زوجها (بيير) فلم يفُق كمال جذوة عبقريته إلا غرابة مأساة موته، كما سيأتي تفصيله لاحقاً. وعند تتبع نزغ العبقرية في هذه العائلة نرى أن ابنة ماري وبيير الكبرى واسمها [إيرين (1956–1897) Irène] قد تزوجت الفيزيائي الفرنسي الشهير [جين فردريك جوليو (1958–1900) Jean Frederic Joliot] واستطاع الزوجان الحصول على جائزة نوبل للكيمياء لعام (1935) !!.

والآن وإذا جاز لنا أن نتكلم عن (الحظ) وتأثيره في مسار العلم والعلماء والاكتشافات والمكتشفين فلاشك بأننا سنمر على أمثلة رائعة محيرة والتي كاد العلم والعالم أن يسيرا في طريق آخر أو أن ينحيا منحى مغايرا لولا قدرة الله (عز وجل) والتي يسميها غالبية الكتاب والمحدثين (بالحظ)!، فخذ على سبيل المثال الحادث المروع الذي تعرض له في عام (1812) الكيميائي الإنكليزي الشهير [همفري ديفي (1829–1778) Hamphry Davy] ذلك الحادث الذي أصاب عينيه وأسلمهما إلى يد العمى المؤقت إثر الانفجار الكيمياوي الهائل الذي تعرض إليه، الأمر الذي حدا بأن يأتي بـ (فراداي – Faraday) ليعمل مساعدا له مما وضعه على أعتاب اول مفترق طرق جعله يقرر مهنته التي سيزاولها لما تبقى له من حياته. أضف إلى تلك الحادثة مصادفة وقوع المقالة المطولة عن الكهربائية بين يدي هذا الأخير والتي صادف أن كانت عنوانا لمدخل الموضوع المنشور في الموسوعة البريطانية (Encyclopaedia Britannica) ذائعة الصيت عنه، وقد قرأه بشغف وتمعن وأعجب، بل وتشرّب به حتى اتخذ هذا الموضوع خطة لحياته وميدانا لإبداعاته.

لقد لعبت صدفة عثور فراداي على تلك المقالة ذات الـ (127) صفحة دورا مهماً في إذكاء ميوله الذاتية لحب موضوع الكهربائية، هذا إذا علمنا أنه كان قد حصل عليها بطريق الصدفة المحضة أثناء (تجليده) إياها لصالح أحد العملاء.

وإليك في ختام هذا التعريف الموجز عن مكتشفي القوانين وواضعيها نبذة عن شخصياتهم وظروف حياتهم، وحتى ما كانت قد لعبته الأقدار والصدفة في حياة واضع هذا القانون أو ذلك؛ لقد أصر الكاتب (شيرون ب نولاند -Sherwin B. Nuland) على أهمية شخصية العالم أو المخترع وخصوصياتها ودورها المحوري في هدايته لاكتشاف هذا القانون أو ذلك كما آمن بأن دراسة الشخصية وتحليلها لابد وأن يشكلان حجر الزاوية في محاولة فهم تطور الأفكار العلمية عبر التاريخ.

وقد أوضح (نولاند) في مقالته الموسومة (الرجل أم اللحظة؟) أن في دراستنا لتاريخ العلوم غالبا ما نسهب في وصف وإرجاع الفضل للظروف الموضوعية التي ساعدت هذا العالم أو ذاك لتحقيق هذا الإنجاز العلمي أو ذاك ولكنه يؤكد أيضا على ضرورة إلقاء المزيد من الضوء والاستفاضة في تحليل شخصية العالم أو المكتشف ذاته لأن في هذا الجانب المهم من الموضوع يكمن السر الحقيقي في رؤية أي إنجاز علمي للنور!! فكتب موضحا...

(إذا ما أردنا أن نفهم لم استطاع هذا العالم دون معاصريه وزملائه اكتشاف أي أمر مهم فلابد لنا من أن نغوص في تفاصيل حياته وأعماق شخصيته، كما علينا دراسة تفاصيل حياة بقية العظماء والمكتشفين لأني على يقين بأننا في إتمام عملنا هذا سنضع أيدينا وسنتمكن من التعرف على طبيعة التربة الخصبة؛ بل وعلى طبيعة العقول النيرة التي ستكون مستعدة لاحتضان الأفكار والمناهج وبذور النبوغ... الأمر الذي سيساعدنا على الإسراع في اكتشاف بل وحتى في تطوير ما لدينا من قوانين طبيعية وفيزيائية).

أمن العدل أن يُطلق اسم شخص على قانون؟

إن في حصولك على نظرية جيدة أو على قانون معتمد، لا يجب أن يعني بالضرورة أنك قد توصلت إلى.... أو أن تلك النظرية أو ذاك القانون قد احتوى على (الحقيقة المطلقة). هذا ولا تعني (الحقيقة)، حقيقة وجود جسيمات محددة تدور مع بعضها حول أو داخل النواة. إن الحقيقة (والحقيقة الحقيقية) الوحيدة المستقاة من كافة الأعمال والإنجازات فتكمن في الرياضيات التي بُنيت تلك الأعمال عليها. إن كافة رتوش المنطق والحتميات التي صاحبت القوانين والنظريات إضافة إلى كافة التفاسير الملحقة بها ما هي إلا وسائل (تعكز) يلجأ إليها البشر الفاني لإدراك الهدف النهائي الصافي المكين وهو الصيغة الرياضية لهذا القانون أو لتلك النظرية.

كربن

–John Gribbin، The Search of Super strings، Symmetry and the Theory of Everything.

مقتطف من كتابه الموسوم (في طريق البحث عن نظرية الأوتار الفائقة، والتناظر وعن النظرية الشاملة).

فيما وراء الكواليس، أو هل لي أن أقول عبر الزمن؟

اذا ما استطعت النظر خلف الكواليس وعبر الزمن فغالبا ما ستلاحظ أن هذا القانون أو ذاك كان الطريدة التي سعى خلفها ليصطادها أكثر من باحث ومكتشف، فإذا ما فشل هذا في اقتناصها، سارع ذاك للملمة شباكه حولها فصارت من حظه وحصته. ولا تعجب إذا علمت أن ذاك قد يحدث ضمن فترة زمنية محدودة قد تقاس ببضعة أشهر أو سنين على أبعد تقدير ولكأن هذا القانون أو تلك النظرية كانت طريدة بحق حان أجلها لتسقط أمام أقدام من يختار اللحظة المناسبة لقنصها أو ثمرة ينعت وحان أوان قطافها!!.

ولم يجانب (نيوتن) الحقيقة كثيراً حينما صرح ذات مرة فذهب كلامه مثلا: (بأن ما يميز العالم الحصيف عن غيره فعلا هو إمكانيته للوثوب فوق أكتاف الآخرين لا لشيء سوى

ليتمكن من رؤية قطرة إضافية من أفق المحيط الذي يحيط به)، وستجد في كتابي هذا أكثر من مثل يؤكد الحقيقة القائلة بمحاولة أكثر من عالم وعبقري اكتشاف ذات الحقيقة ضمن فترة أشهر أو سنين معدودة وقد ينجح أكثر من واحد منهم باكتشافها بالفعل، ولأسباب كثيرة [لا أستبعد الحظ (ومجرد الحظ) منها] يحيد التاريخ ويأبى إلا أن يذكر أحدهم ويدخله سجل الخالدين. وفيما يلي دعوني - سادتي الأفاضل - أن أتشرف باصطحابكم خلال صفحات هذا الكتاب لنتعرف على الكثير من المرات التي صادف تاريخ العلم والعلماء مثل هذه الحقيقة عبر القرون.

أبدأ بواحدة منها:

لقد استرعى انتباه المجتمع العلمي ظهور مطبوعة علمية نشرها الفيزيائي والكيميائي الفرنسي ذائع الصيت [جوزيف لوي كاي - لوساك Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850)] تضمنت قانونه في الغازات وهو شيء اعتيادي، ولكن ما استدعى الفضول والدهشة حينها ليس المضمون العلمي لذاك القانون فحسب وإنما تزامن نشرها مع ظهور نتائج بحوث مماثلة كان قد قام بها العالم دالتن (Dalton) في فترة متزامنة وصادف نشرها في ذات الوقت من عام (1802). لقد تزامنت نتائج واستنتاجات الاثنين بخصوص التمدد الحراري للغازات وتماثلت خلاصة أعمالهما بالقول بثبوت تناسب تمدد كافة الغازات مع درجة حرارتها إذا ما ظلت مناسيب ضغوطها ثابتة.

ذكرت في كتابي المنشور بعنوان (شريط موبيوس -Mobius Strip)[1] تزامن اكتشاف ذلك الشريط من قبل الرياضي الألماني [أوكست موبيوس August Mobius (1790-1868)] في عام (1858) ومواطنه الأستاذ القدير الرياضي [يوهان بندكت لستنك Johann Benedict Listing (1808-1882)]، الحدث

(1) Mobius Strip: عبارة عن سطح ذو جهة واحدة وحد واحد يصنع من شريط ورقي يطوى نصف طية ثم تلصق نهايتيه. إن القلم الذي يوضع على أي نقطة منه سيعود إليها (المترجم).

الذي ماثل اكتشاف حساب التفاضل والتكامل من قبل **(نيوتن)** و الرياضي الألماني [كوتفريد ولهلم ليبنز (1646–1716) Gottfried Wilhelm Leibniz] الأمر الذي يدعونا إلى الدهشة والتساؤل عن سبب تزامن التوصل إلى عدد من الاكتشافات من قبل أناس لا علاقة لأحدهم بالآخر!! وكمثال آخر: تزامن اكتشاف تطوير نظرية في التطور من قبل عالم الطبيعة البريطاني [شارل دارون (1809–1882) Charles Darwin] و [ألفريد ولاس (1823–1913) Alfred Wallace] بصورة منفصلة. وهناك الرياضي الهنكاري [جانوس بولياي (1802–1860) Janos Bolyai] والرياضي الروسي [نيكولاي لوباشفسكي (1793–1856) Nikolai Lobachevsky] والذي يظهر أنهما توصلا بصورة منفصلة وبوقت متزامن أيضا إلى اكتشاف هندسة القطع الناقص (Hyperbolic Geometry) وفي هذه الرواية شائعة مفادها أن كلا الرياضيين كانا قد تعلما أسس تلك الهندسة بصورة غير مباشرة عن طريق الاطلاع على أعمال (كاوس – Gauss) الذي عاش في نفس الحقبة واهتم بذات العمل.

لقد ملأت الاكتشافات المتزامنة تاريخ علوم المواد؛ فقد تزامن اكتشاف طريقة تنقية الالومنيوم بالتحليل الكهربائي باستعمال خام الكرايولايت[1] المعدني من قبل الأمريكي [شارل مارتن هول (1863–1914 Charles Martin Hall)] والفرنسي [بول هيرو (1863–1914 Paul Heroult)] وبصورة منفصلة أحدهما عن الآخر الأمر الذي قدم للصناعة طريقة سهلة وغير مكلفة وفعالة لفصل الالومنيوم النقي عن بقية المركبات المصاحبة له مما أدى إلى تقدم الصناعة وتأثرها إيجابيا بذلك.

لعل التفسير المناسب لمثل ذلك التزامن في الوصول إلى عين الاكتشافات هو (نضج الوقت) لتلك الاكتشافات، إذا أخذنا بعين الاعتبار كل ذلك التراكم المعرفي وقت حدوثها. وقد

---

(1) Mineral Cryolite: أحد خامات الألومنيوم وتركيبه الكيمياني (Na3 AlF6 Hexafluoral – minate) ويسمى سادس فلوريد الألمونيات وأول ما وجد بكميات كبيرة كان في الساحل الغربي من كرينلاند واستخدم في استخلاص العنصر كهربائيا. (المترجم).

يكــون سبب التزامن هو حصــول المكتشفين على عين الفكرة مــن ذات المصدر الذي صادف ظهوره في فترة اهتمامهما بنفس الموضوع. وهناك من الجانب الآخر الكثيرون ممن يودون توشيح تعليلاتهم بوشاح الغموض والطلسمّية حين يذهب أولئك في تفاسيرهم إلى أعماق وأبعاد أُخرى طارقين باب المصادفة مرة وباب تدخل الطالع أخرى ووجود القوى ما فوق الطبيعة في الثالثة. خذ مثلا العالم البيولوجي [بول كاميرر (1926–1880) Paul Kammerer] الذي كتب: وهكــذا – وبعد دراسة وتعمق – نجد أنفسنا نراقب صورة الكون الفسيفسائية وكأننا ننظر من خلال المنظار الزجاجي (الكاليدوسكـوب – Kaleidoscope)[1] والذي يُرجع إلى أبصارنا (صــدى) مــا نتطلع إليه متشابها متماثلا رُغــم ما يظهر لنا عيانا من دورانــه وتغيره المستمرين. فهــو يقارن الاحداث في عالمنا وحياتنــا بقمم الأمواج في المحيط المتلاطم والتي تظهر وتختفي بصورة منفصلة عن بعضها البعض وكأن لا رابط بينها.... وتفسّر نظريته (المتناقضة) الغريبة تلك الأحداث الظاهرة على سطح هذا الكوكب بربطها بالتناغم والتماثل الغامض للتيارات المائية في باطنه بصورة تجعلها تؤثر في أحداث العالم الخارجي وتجعل بعضها يماثل بعضاً أحيانا!.

رُغــم التزامن الــذي لف الكثير من أحداث العلم واكتشافاتــه وبالأخص اللغط المصاحب لتسميــة القوانين إلا أني حرصــت أن تكون كافة القوانين التي ضمها هــذا الكتاب، قوانين محكمة أوجدها أناس متميــزون ذوي عقول راجحة سميت بأسمائهم، وهم يستحقون كل الاحــترام والتقدير لقاء عملهم ذاك. وأنا لعلى يقين بأن المكتشف والمبدع لأي قانون أو مبدأ لابــد وأن يكون – برأيي وبــرأي الكثير من الباحثين غيري – شخصيــة لامعة لا غبار عليها وعقلا جبــارا يُشار إليه بالبنان في تاريخ العلم، حتى وإن ترددت الأصداء وأثبتت الأحداث بــأن هذا العــالم أو ذاك كان قد استقى أفكاره من غيره أو حتى وإن كان الإنجاز عملا مشتركا أسهمت به عدد من العقول.

(1) Kaleidoscope: لعبــة بصريــة تتألف من منظار هرمي الشكل ثلاثي الأسطح علـى الأغلب أو أسطواني مع القاعدة والقمة المغلقة بعدسة مكبرة عادية. تبطن الأسطح والقاعدة بمثلاث من مرايا عاكسة وتوضع بداخله قطع زجاجية ملونة. وبإدارته تتضاعف وتتماثل صور الزجاج الملون بداخله خالقا لدى الناظر شعورا بالتكرارية والتماثل بشكل مختلف في كل دورة (المترجم).

ومـن الجديـر بالذكـــر أن تاريــخ العلــم وقـــد أتحفنا بعلماء أجلاء (**كأينشـتين**) و(**نيوتن**) والذيــن عُرف عنهم عــدم قيامهم بأنفسهم بأي تجارب أو مشاهدات وإنما كانت إنجازاتهم نتيجــة هضمهم وفهمهــم وترتيبهــم لما قــام بــه غيرهــم مــن مشاهــدات. ناقشــت (ليزلي برلن – Leslie Berlin) في كتابها (الموجد للشريحة الميكروية – The Man Behind The Microchip)[1] قائلــة: من خلال التمحيص الدقيق (للتاريخ الطبيعي) لكل الاختراعات، نكاد نُعزي أغلبها – إن لم نقل جميعها – إلى جهود مشتركة بذلها عدد من الأشخاص، حتى وإن انتهــى شرف تسميتها باسم شخص واحد، لأن من صفــة الإبــداع أن ينتــج من تلاقح الأفــكار والعمــل المشترك لفريق من النبهاء ذوي الأذهان المتوقــدة. وقد يصدق ما جاءت به (برلن –Berlin) من أفكار حول الجهود المشتركة وتضافرها لتحقيق غالب الاختراعات، إلا أننا لابد وأن نعترف باضمحلال وخبو مثل ذلك الجهد المشترك في تاريخ اكتشاف القوانين، وإن اتفقنــا على حقيقة شروع كل مكتشف ومبدع بدراسة الكثير من نتاجات غيره العلمية. إن التوصل إلى مرحلة إبداع قانون أو اكتشاف مبدأ وتحريره على شكل معادلة محكمة مفردة، لم يكــن يوما عملا مشاعا بين جمهرة من العاملين بل على العكس، يؤكد لنا تاريخ العلم بأن مثــل هــذا الإنجاز غالبا – وفي الغالــب الأعم – لم يكن إلا نتيجة جهــد شاق لشخص واحد اعتكــف الساعــات الطوال بعزلة شبه تامة، صارع وضادد مــا سبقته من أفكار حتى توصل إلى مــا توصل إليه في لحظة حاسمة من التجلي والإلهام النادرين. وعلى العكس مما سبق نجد أن غالــب الاختراعات الحديثة المعقدة كالسيــارات والحواسيب قد ضمت بين ثناياها الجهد المشترك لعدد من المساهمين من كيميائيين في مختبرات وفنيين في مصانع ومخترعين في مختلف الحقول والاختصاصات – كالكهربائيــة واللدائن والزجاج والمعادن والإلكترونيك وغيرها – لخلق الأجزاء المختلفة والمتعددة التي تتكون منها السيارة او القطع المعقدة التي يتألف منها

(1) Microchip – شريحة دقيقة جدا لا تتجاوز مساحتها 2–4 سنتيمترا مربعا مصنوعة من البلاستك أو الميكا توضع عليها أو تنحــت خلالهــا وبتقنيات مختلفة الآلاف (بل والملايين) من الترانزستورات وتستعمــل في الأجهزة الإلكترونية ولها فضل الاختزال الهائل لأحجام مختلف الإلكترونيات. (المترجم).

الحاسوب. صحيح أن العلوم الأساسية في يومنا هذا صار لها المختبرات العظيمة وجمهرة من العاملين بأسلوب الفريق، إلا أن التاريخ يأبى أن يتحقق القانون الفريد الحصيف بهيئته الرشيقة المتمثلة بمعادلة رياضية آسرة الأحكام بليغة البيان إلا على يد – ومن إنتاج ذهن – رجل واحد مختص أُلهم سرها في لحظة ذهبية من لحظات التجلي النادرة في الكون.

وإذا راجعنا التاريخ بسرعة ونظرنا باهتمام إلى القوانين وإلى غيرها من الاكتشافات العلمية المهمة من خلال مؤلفات مؤرخي العلوم لوجدنا بعضهم شديد التردد، عصي الموافقة على أسلوب تسمية تلك الأعمال بأسماء أفراد بعينهم، وقد يذهب آخرون منهم مذهب التطرف من العملية برمتها ويقرون – مؤمنين – بفشل كافة العلماء عند اختيارهم أسماء الأشخاص الذين درجت أسماؤهم على توشيح (اختراعاتهم) و (اكتشافاتهم). ولتوضيح هذه الفكرة الغامضة إليك ما جاء به (جم هولت – Jim Holt) في كتابه (نظرية الهوية المغلوطة: لماذا على العلماء الخطأ دائما في اختيار اسم الرجل المناسب) قال فيه:

((هل سمع أحدكم بقانون تسمية (ستكلر – Stigler)؟ والذي ينص بأبسط صوره على (إخفاق العلم والعلماء التام بتسمية أي من اكتشافات الطبيعة العلمية باسم مكتشفيها الحقيقيين)؟ دعوني أوضح لكم: لقد جاء ذكر هذا القانون في أحدث كتب (ستكلر) نفسه والموسوم (علم الإحصاء.. يفتح قلبه) والصادر عن جامعة هارفرد... فأول ما يتبادر إلى الذهن هو الاستفسار البسيط التالي: إذا سلمنا بصحة هذا القانون فإن أول ما يتوجب الاعتراف به هو أن (ستكلر) نفسه لم يكن واضعه الأصلي.

ولقد أمسك (ستكلر) بطرفي خيط اللعبة منذ البداية بإحكام حين ذكر أن الموجد الأصلي لقانونه هو العالم الشهير المختص بدراسة الحياة الاجتماعية للعلماء (روبرت ك. مرتن – Robert K. Merton). فضرب بحصاة واحدة عصفورين؛ حصل وأثبت تمتعه بالتواضع من جهة وأكسب قانونه المناعة الذاتية اللازمة للصمود من جهة ثانية)).

فسر (روبرت مرتن – Robert Merton) ما ذهب إليه بقانونه قائلا: إن جميع الاكتشافات العلمية لابد وأن تكون متعددة (الموجدين) من حيث المبدأ. بعبارة أوضح إن أي

اكتشاف أو اختراع لابد وأن يكون قد تم من قبل شخصين أو أكثر وفي كافة الحالات، ولكن لسبب أو لآخر يعزى ذلك الاكتشاف أو الاختراع إلى الشخص (الخطأ) من بين جميع الذين أسهموا بإيجاده، فقد يسمى القانون باسم الشخص الذي طوره وليس باسم الشخص الذي أوجده أو اكتشفه. وأضاف بأن الخطأ في التسمية قد يتأتى من الفارق الزمني الطويل ما بين الاكتشاف والتوثيق، فكثيراً ما يهتم العلماء أصحاب قرار التسمية (والذين غالبا ما يكونون جهلة بتاريخ العلم) بالأمور الشكلية العامة ويغفلون التفاصيل والدقائق المهمة التي هي أساس الإنجازات الخلاقة العظيمة.

لا شأن لنا بإثبات صحة ما ذهب إليه (**ستكلر**) أو تفنيده... ولكن لنا أن نذكر أهميته بالنسبة لعدد من القوانين غير العلمية كتلك المتعلقة بالتاريخ والاجتماع وغيرها من العلوم الإنسانية، إذ إنه كان قد رسخ بادئ ذي بدء على مثل تلك الاكتشافات والمشاهدات. فعلى سبيل المثال لا يعتبر (هالي – Halley) المكتشف الأول للمذنب المعروف باسمه لسبب بسيط هو أن هذا المذنب كان قد شوهد ووصف من قبل عدد من الفلكيين عبر العصور وحتى قبل ولادة السيد المسيح (عليه السلام)[1]. ولكن دعنا هنا أن لا نقلل من شأن العالم الفلكي الإنكليزي الفذ [أدموند هالي (Admond Halley (1656-1742] والذي ساعدت دقة حساباته المنشورة على إدراكنا لما توصل إليه الغابرون وسجلوه تاريخيا.

وعلى عكس ما جاء ذكره سابقا (وفي حالة القوانين الطبيعية) فقد وجدت شخصيا أن القانون المعني غالبا ما كان يسمى باسم مكتشفه فعلا أو باسم من ساهم بجدية بتطويره وتحسينه، ووضح طريقة استخدامه للأغراض العلمية والعملية. ولكن مع ذلك صادف في التاريخ أن توصل عالمان أو أكثر إلى اكتشاف ذات القانون وصياغته بأشكال مختلفة عبر القرون، وإليك المثال: (فقانون سنيل – Snell's Law) الذي فسر بدقة متناهية في عام

(1) أول ذكر مكتوب لمذنب هالي محفوظ في المتحف البريطاني على شكل رقم طينيه بابلية الأصل تؤرخ لظهوره في عام 164 قبل الميلاد. سبقه إلى ذلك نص صيني مفقود (جاء ذكره في نصوص أخرى يعود إلى سنة 240 قبل الميلاد (المترجم).

(1621) تصرف الضوء وانكساره عند مروره بمادة الزجاج وقد سمي باسم الرياضي الألماني [فليبرورد فان رويـن سنيـل (1580–1626) Willebrord van Roijen Snell]. ولكن المفارقة اللطيفة أن أول من جاء على ذكر هذا القانون واستطاع تفسير ظاهرة انكسار الضوء بدقة كان الرياضي العربي ابن سهل (Ibn Sahl)[1] في حوالي عام (984) للميلاد، كما تمكن الفلكي الإنكليزي (توماس هاريوت – Thomas Harriot) من إعادة اكتشاف هذا القانون وذلك في عام(1602) ولكنه لم ينشر أعماله. ولم يسمّ القانون باسمه النهائي الحالي إلا بضربة حظ قادت جامع المخطوطات (اسحاق فوسيوس – Issac Vossius) إلى اكتشاف كتابات (سنيل) المطمورة والتي وجدت طريقها لاحقا إلى الفيزيائي الألماني (كرستيان هيكنز – (1629–1695) Christian Huygens) الذي جاء على ذكرها وشرحها في كتابه في البصريات المسمى (Dioptrica) والذي نشر في عام (1703). وتجدر الإشارة هنا إلى أن الفرنسيين غالبا ما يشيرون إلى قانون (**سنيل**) هذا باسم قانون دسكارتي (Descartess Law) لأن العالم الرياضي [رينيه دسكارتي (1596–1650) Rene Descartes] كان أول من نشر هذا القانون بصيغة الدوال المثلثية عام (1637) في كتابه الموسوم (الأساليب وتنظيمها)، ولكنه لم يضمن كتاباته أي تاكيدات عملية أو تجريبية. لم يسلم (دسكارتي) هذا من كثير من الاتهامات بالسرقة العلمية، كالها له (**هيكنز**) وغيره خصوصا وقد تزامنت فترة وجوده في مدينة (ليدن – Leiden) الألمانية خلال وبعد فترة تواجد (**سنيل**) وعمله فيها. إلا أن تاريخ العلم ظل عاجزا عن تقديم الأدلة الكافية لإثبات صحة مثل ذلك الادعاء.

(1) هو أبو سعد العلاء المكنّى بابن سهل (940–1000للميلاد)؛ رياضي وفيزيائي ومهندس اختص بالبصريات من رواد العصر الذهبي للدولة العباسية وعاصمتها بغداد. كتب الكثير من الرسائل حول المرايا والعدسات وفهم خواص المحدبة منها. يعود إليه الفضل لكونه أول من اكتشف قوانين انكسار الضوء والتي تعرف اليوم بقانون سنيل وكان أول من صمم العدسات والمرايا الخالية من الزيغ اللوني. ولا يجب أن نغفل ذكر (ابن الهيثم، أبو علي الحسن بن الهيثم البصري – المولود في البصرة (العراق) عام 965 والمتوفي في القاهرة (مصر) عام 1039 للميلاد) والذي عُرف في الغرب بـ(الخازن – Alhazen)، وقد سبق (سنيل) و(نيوتن) في تفسير خصائص الضوء والعدسات بستة قرون، إضافة إلى ممارسته للطب والتشريح والفلك وعلوم الهندسة وحاز على لقب (بطليموس الثاني) (المترجم).

أ نظريات أم قوانين؟

على النظرية المقبولة أن تنصاع للتجارب المصممة لاختبارها، ولكن رغم ذلك، هناك بعض الحالات التي قد يمكن للحدس العلمي فيها أن يصل إلى درجة من الاقتناع تبلُغ من القوة أن تُقبل النظرية حتى قبل أن تُصمم التجارب المعدة لاختبارها. لقد اقتنع أينشتين – والكثيرون من العلماء معه – بصحة النظرية النسبية الخاصة حتى حين كانت التجارب تناقضها في الظاهر.

موريس

- Richard Morris، Dismantling the Universe

مقتبس من كتابه (تفكيك الكون) .

لقد خصصت كافة المدخلات الرئيسية لهذا الكتاب لشرح وبحث القوانين والمبادئ العلميـة، أما (النظريات) فلم تُبحث إلا ضمنها ولنا أن نسأل: ما القوانين وما النظريات؟ أعترف جاداً بأن خيط الفصل بين النظرية العلميـة والقانون رفيعٌ جداً. فعلى القانون – بمفهومي الشخصي على الأقل – أن يبلغ درجة عالية جدا من الشمولية والثبات، وعليه أيضا أن (يقلص) ذاته ويبينها جلية واضحة مفهومة بمعادلة رياضية بسيطة، أي عليه أن يكون تركيباً رياضياً محكماً ودقيقا، عالي المستوى وعلى درجة كبيرة من الضمان. ولكن بالمقابل ما هي النظرية بالضبط؟ لنضرب مثالاً خيالياً – سهلاً – عن إمكانية تحول النظرية إلى قانون ؛ فباستطاعتي أن أضع نظرية أفسر فيها تعرض القواقع في إحدى غابات (الموزنبيق) المطيرة إلى طفرة تناسلية عارمة زادت من أعدادها كثيرا كنتيجة لعوامل وظروف محلية في خلال فترة دراستي لتلك الظاهرة، والآن هل بإمكاني رفع مستوى نظريتي تلك إلى مستوى القانون؟ نعم بإمكاني ذلك إذا ادعيت أن عين تلك العوامل والظروف المحلية يمكنها، وعلى الدوام مضاعفة أعداد أنواع كثيرة أخرى من الحيوانات شهريا، وكان بإمكاني إبراز الإثباتات لتلك الزيادة بأسلوب علمي منهجي مقنع لجمهرة غالبة من العلماء.

تختص النظريات بتفسير (لماذا) تصح القوانين، ويرينا القانون (كيف) يتصرف الكون بطريقته المعهودة ولكنه لا يفسر لنا (لماذا)، كما أنه لا يتطرق لشرح السبب أيضا، أي لا يتقرب من (كيف) تسير المعرفة على طريق يتسع (بجنون) مع مرور الوقت. فكلما تقدمنا فيه إلى مرحلة جديدة ونظرنا إلى الوراء سنراها بعين جديدة وبمفهوم أوضح. والحقيقة هي أن النظريات الجديدة قد زودتنا برؤية أقدر على تفسير الكون الذي نعيش فيه، (فالجديد) اليوم قد يظهر لنا (قديما) ويحتاج إلى تحديث غدا!

تختص النظريات العلمية الشهيرة عادة بشرح الحقائق وتفسير المعطيات والتي أثبتت عدداً من التجارب المستقبلية صحتها وبوتيرة مستمرة، ولكن علينا أن لا ننسى إمكانية وجود النظرية واعتمادها قبل أن تتاح لنا فرصة اختبارها والتأكد من صحتها. خذ على سبيل المثال (نظرية الأوتار – The String Theory) وهي نظرية حديثة تعنى بتفسير تصرفات الجسيمات ما دون الذرية ولاحظ أننا لا نسميها (بقانون الأوتار)، ذلك لأن على القانون أن يثبت صحته ومصداقيته بصورة لا تقبل الجدل ولا الشك، بمعنى أننا لا نقفز للتوشيح بوشاح القانون (معادلة رياضية) إلا إذا اجتازت وبنجاح (لا غبار عليه) العديد والعديد من الاختبارات دون أن يتمكن أيا منها من إسقاطها. ولكن علينا أن نستدرك لنُذكِّر بأننا لابد وأن نُخضع حتى (القوانين العظيمة الراسخة) لشيء من التعديل والتحوير كلما مرت القرون مسترشدين بما جد لنا من علوم، وبما هدينا إليه من معرفة جديدة فلا يوجد على الأرض ولا في الذهن البشري الحصيف ما يسمى بالقانون الخالد!.

إذا تساءلنا الآن ما الذي يدفع العلم إلى التقدم وما هو تقدم العلم أصلا؟ قد أجيبك بأن الدافع هو تطوير النظريات السائدة والقوانين (وتطبيقاتها بالطبع) وهنا يكمن الاعتراف الضمني بعدم كمالها.

يتقدم العلم دائما لافتقار القوانين والنظريات الموضوعة في كل زمان ومكان إلى الكمال،.. خذ (قانون نيوتن للجذب العام) مثالا على ذلك، فلقد ساد هذا القانون الذي يصف قوة الجذب بين جسمين بأنها متناسبة طرديا مع كتلتيهما وعكسيا مع مربع المسافة الفاصلة

بينهما، لفترة زمنية طويلة وكان السند الأمثل للتنبؤ – وبدقة متناهية عجيبة – بحركة القمر في دورانه حول الأرض وللتنبؤ بمسارات قذائف المدافع وسلوك طلقات البنادق. امتاز هذا القانـون ببراعة تفسير (الجاذبية) بتوظيف عدد محـدود من المتغيرات ولكنه عجز عن تفسير (مـا هيتهـا) ولم يقدم ما ينير فهمنا حول ميكانيكة عملها، كما أنه عجز عن التنبؤ – بدقة – بانحناء مسار الموجات الضوئية عند مرورها بقرب جرم كبير (كالأرض مثلا)، الأمر الذي استدعى وجود (نظرية أينشتين في النسبية العامة). تعمم موضوعة (أينشتين) استخدام قانون (نيوتن) وتعتبر (الجاذبية) إحدى نتائج الانحناء الطبيعي في الزمكان (الزمان والمكان). وقد حـان الوقت الآن لبلوغ (نظرية اينشتين) هذه (المشيـب) فلم تعد قادرة على مجاراة وتفسير تأثـير الجاذبية ضمن مسافات متناهية في القصـر كمثل المسافات الفاصلة بين الجسيمات ما دون الذريـة، وهذا ما يثبت حقيقة إمكانية القوانين العلميـة وبصورة عامة على تفسير كل مـا يعرفه الإنسـان عن ظاهرة معينة ولكـن ضمن مرحلة تاريخية محـددة. ذكر الفيلسوف [كارل بوبـر (1902 –1994) Karl Popper] في كتابـه (المقاربة والتضاد) بأن كافة النمـاذج العلمية والقوانين لابد وأن تكون وقتية. وأكد الفيلسوف (ديفد هيوم – David Hume) في كتابـه (تساؤلات حول الفهم البشـري) بأنه يستحيل علينا إثبات مثالية أي نموذج والجزم المطلق بصحته مهما أوتينا من دقة الملاحظة وقدرة الاختبار.

كثـيراً ما فكرت وحاولت تكوين وجهة نظر علمية مقنعـة حول قوانين الفيزياء المتغيرة – ولـو جزئيا – على مر العصـور. فآمنت بأنها قوانين متطورة على الدوام، يشوبها دائما شيء من عدم الكمال ولكنها لم تكن مخطئة تماما لسبب بسيط هو نجاحها المطرد في إعانة الإنسانية علـى التنبؤ بالأحداث والمشاهدات مع ما يُبنى على ذلك من تقدم علمي فعلي ولفترة طويلة من مراحل المعرفة الإنسانية والتي تؤثر بدورها على تطور الحياة العامة. ولا نجافي الحقيقة في القـول بأن غالبية تلك القوانـين (القديمة) كقوانين (نيوتن) مثلا، لا تزال مستمرة في عطائها باعتبارهـا عونا لا غنـى لنا عنه لفهم ظواهر الكون والتنبؤ بما تُمكننا هي التنبؤ به من فعالياته. تمتاز القوانين الحديثة والتي يُفترض بها أن تحل محل القديمة بقابلية أدق على التنبؤ مع احتفاظها

بكل ما هو دقيق وصحيح مما سبقها، مع تقديمها الاقتراحات الممكنة لإجراء تجارب جديدة والتوسع في جمع ملاحظات أشمل. وقد يخطر في بالي تشبيه عملية تطور القوانين برمتها بلوحة زيتية خارقة الجمال، عظيمة الدقة، وافرة التفاصيل. فقبل كل شيء وقبل تحقيقها كانت فكرة في ذهن رسامها المبدع ومشروعا يحاول بها فهم ما حوله وتقديمه للآخرين. يستمر الفنان في سهره وإبداعه وتتضح تفاصيل اللوحة وجمالها مع كل ضربة فرشاة... وهذا يشبه ما يتم إضافته (من رتوش) على الصيغ الجديدة للقوانين القديمة كلما زاد فهمنا للكون... ولكن لن تكتمل تفاصيل لوحتنا الأثيرة ولن تتوقف ضربات فرشاة مبدعيها، كما لن تتوقف الإضافة لقوانين الفيزياء لأن بكمال الصورة إيذاناً بانتهائها وبكمال القوانين ايذاناً بموت العلم الذي يحيا بها!!.

وباختصار يمكنني إعادة تشبيه ما سبق بمثال حساب الجذر التربيعي للرقم (2)، باستعمال الرقم (1.4)، الذي يعتبر كافيا في غالب عملياتنا الاعتيادية، أما (1.4142135623) فسيعتبر وبلاشك تقريبا أدق. لا أحد يدّعي أن أيا منهما هو الجواب الصحيح المطلق ولكن لا أحد ينكر أن الأول أقل دقة من الثاني.

مما سبق يمكننا التقرب قليلا من حقيقة العلاقة بين القانون والنظرية وذلك بالاطلاع على تعريف معجم أكسفورد الموجز (Shorter Oxford English Dictionary) للنظرية، حيث جاء فيه أنها (عبارة عن منظومة من الأفكار أو الجمل أو الرسوم التي ترمي إلى تفسير وتوضيح مجموعة أو أكثر من الحقائق أو الظواهر) والتي تتمتع بسند علمي حصيف والتي قد تتعدى (أو تخالف) بعض المفاهيم المتعارف عليها، كنظرية اينشتين في النسبية العامة ونظرية دارون للانتخاب الطبيعي[1] هذا ويمكن للنظريات عموما أن تساعد

(1) أعلنت الجمعية الأمريكية لتقدم العلوم — The American Association For the Advancement of Science. (A A A S) تنازل نظرية دارون عن موقعها العلمي باكتشاف يعود إلى 4.4 مليون سنة هو (الهيكل العظمي الأثيوبي Ardipithecus ramidus) والمسمى أردي - أذاعت كافة وكالات الأنباء الخبر عالميا يوم الاثنين المصادف 6/10/2009م. (المترجم).

في اشتقاق القوانين حيث أمكن اشتقاق قوانين العدسات الضوئية والتي ساعدت العلماء والفنيين على بناء الأجهزة الضوئية من النظريات المعنية بتفسير أسلوب انتشاره.

جاء في كتاب (ارنولد ارونز – Arnold Arons) الموسوم (تطوير المفاهيم في الفيزياء) ما يلي:–

((هناك علاقة تبادل منفعة بين القانون والنظرية، فتقوى النظرية ويشتد عضدها ويزداد احترامنا لها كلما تمكنت من ضم عدد أكبر من الظواهر إلى حظيرة تفسيرها، وتزداد معنوية وصلابة القانون كلما أحكم تفسيره لتلك الظواهر، ويزداد نفعه كلما تقرب أكثر من النظرية. وبناء على ذلك فإن اشتقاق القوانين المتعلقة والمفسرة لحركة القمر حول الأرض من نظرية نيوتن للجذب العام أكسبها الكثير من المصداقية والأهمية، علما بأن التفسيرات والقواعد المفسرة لتلك الحركة كانت معروفة لفلكيي بابل القديمة)).

تؤمن الغالبية العظمى من العلماء والباحثين بصحة معظم النظريات والقوانين العلمية الموجودة حاليا، لا مراء في ذلك، ويستخدمونها على الدوام في دراساتهم وتوقعاتهم، ولكن لابد لنا أن نعتبر النظرية أكثر حركة وديناميكية وتعقيدا من القانون إذا توخينا الدقة في التفريق بينهما، فالقانون يختص بتطبيقاته على مشاهدة واحدة (مع تفاصيلها)، في حين تسعى النظرية إلى تفسير مجموعة من الظواهر المترابطة وقد يكون لها عدد من الأجزاء الملحقة.

دعني أوضح الأمر لك بتشبيه الحجر بالمنجنيق، كلاهما – ولاشك – يمكن استخدامه كسلاح ولكن للحجر صفة البساطة في هيئته وصفته وطريقة استعماله؛ وهو يماثل القانون لدينا، وفي المقابل يتألف سلاح القرون الوسطى الفعال من عدد من الصفائح والقطع والحبال والعجلات وحتى بعض الأعمدة والأذرع والبكرات والروافع والمساند بالإضافة إلى إناء سميك قوي منيع يستطيع حمل الصخور الكبيرة لقذفها، هنا يماثل المنجنيق النظرية وقد كان عُرضةً – ومنذ اختراعه – لعدد من التحسينات والإضافات على قطعه المختلفة إلا أن الهدف الرئيسي منه لم يتغير عبر القرون رغم كل ذلك.

يخامر الشك والظنون الكثير من العلماء حول صحة عدد من النظريات العلمية الشهيرة كنظرية التطور ونظرية الكم وغيرهما، ولذلك تراهم في دأب جهيد وبحث متواصل أكيد

من أجل تحسينها و التعمق في فهم أفضل لعدد من جوانبها.

وضـع (جون كاستي – John Casti) الهيكل المنطقي للعلم في كتابه (قيمٌ فُقِدَتْ) على الشكل التسلسلي التالي:

الحقائق و المشاهدات

↓

الفرضية

↓

التجربة (أو التجارب)

↓

القانون

↓

النظرية

بمعنـى أن عقـل الإنسـان وإدراكه وملاحظتـه للطبيعة والكون من حولـه تمكنه من جمع وتصنيـف عدد جم من الملاحظات والمشاهـدات والتي يمكن جمع المتقارب منها لصياغتها بشـكل فرضية تُخضعها التجربة للفحص والامتحان، والتي تنجح منها في إثبات صمودها للتجربـة ستتحول إلى علاقة شاملة تسمى القانون وقد ينضوي القانون تحت لواء نظرية ذات مغزى شمولي توضيحي أوسع.

وكمثال يوضح ما سبق دعنا نتطرق إلى ملاحظات ومشاهدات الفيزيائي الفرنسي [جاك شارل (Jacques Charles (1746–1823)] والـذي شـرع منـذ عـام (1787) في إجراء عدد من التجارب والاختبارات حول علاقة حجم غاز معين بدرجة حرارته وكيفية تغيره مع تغيرها، توصل بعدها إلى تثبيت ملاحظاته بدقة حول تلك العلاقة. ثم توصل بعد ذلك إلى وضع القانون المعروف باسمه، حيث ينص قانون شارل على تناسب حجم كمية معينة من غاز مثالي طرديا مع درجة حرارته إذا ما ثبُت ضغطه، ثم استطاع العالم [كاي– لوساك (Gay Lussac(1778–1850] في عام (1808)

من صياغة العلاقة السابقة صياغة كمية بوضع القانون المختصر الدقيق التالي لها: $V = kT$، حيث يمثل (V) حجم الغاز و (k) ثابت التناسب و (T) درجة حرارته المطلقة. لقد استفاد العلماء في أرجاء المعمورة أيما استفادة من هذا القانون حيث مكنهم من تلخيص كافة نتائجهم المستقاة من عدد من التجارب في جملة واحدة يمثلها قانون دقيق واحد لا يتجاوز طوله الإنج الواحد. لاحظ هنا أن (**قانون شارل**) هذا لا يخبرنا (لماذا) على حجم الغاز المحفوظ تحت ضغط ثابت أن يتناسب طرديا مع درجة حرارته، وللإجابة على ذلك لنا أن نعود إلى النظرية الحركية للغازات والتي توضح لنا طبيعة ذلك التصرف بافتراضها حركة جزيآت كل غاز حركة عشوائية وأن جميع تلك الجزيآت هي في حالة تصادم مستمر بعضها ببعض وبجدران الإناء الذي يحتويها وهنا تؤدي زيادة درجة حرارة الغاز إلى زيادة الطاقة الحركية لجميع جزيآته التي يتألف منها وبذلك يزداد ضغطه الذي يسلطه على جدران إنائه.

يُطلق اسم القوانين العملية على تلك المعادلات الرياضية الرشيقة أو الجمل المختصرة الحصيفة التي تُلخص وببساطة مشاهدة رتيبة واحدة، وأمثلة ذلك كثيرة ضمها هذا الكتاب مثل قانون (كاي – لوساك – Gay– Lussac's Law) للأحجام المتحدة كيميائياً، وقانون (بود – Bode's Law) لقياس مسافات بُعد الكواكب، وقانون (هوك – Hooke's Law) للمطاطية، وقانون (سنيل – Snell's Law) لانكسار الضوء، وقانون (بويل – Boyle's Law) للغازات، وقانون (أوم – Ohm's Law) للكهربائية... وغيرها.

أما أنا فمعجبٌ أكثر بالقوانين التي تفسر حالات ومبادئ أكثر شمولية ويمكنها التعبير عن ظواهر أكثر اختلافا، ومن صفة مثل هذه القوانين أنها تستوجب منا تفسير مصطلحات جديدة غاية في الأهمية. وكمثال واحد عليها... أسوق لك (**قانون نيوتن الثاني في الحركة**) والذي ينص **على تناسب معدل تغير زخم جسم ما مع خالص مقدار القوة المؤثرة عليه**. يعبر عن هذا القانون اليوم بالدالة التالية:

$$\boxed{\mathbf{F} = d\mathbf{p}/dt,}$$

حيث يشير غمق الحروف على اتجاهية قيمها بمعنى اكتسابها صفتي القيمة والاتجاه،

وحيث (**p**) هو الزخم ويساوي حاصل ضرب كتلة جسم في إزاحته و(**F**) هي القوة المسلطة و(dp/dt.) هو معدل التغيير في قيمة الزخم. ونُشير هنا إلى أهمية كل من (الكتلة) و (القوة) كمصطلحين لابد من تعريفهما بصورة واضحة وتبيانهما بصورة جلية قبل أن يمكن للقانون الحاوي عليهما أن يكون له أية معنى.

أمــا النــوع الثالث من القوانين فهي تلك التي تمثل استنتاجــا عاما مشتقا من نظرية، ومثال ذلك **(قانون نيوتن للجذب العام)** والذي تمثله المعادلة التالية:

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2},$$

والــذي يمثل تعميما استقى أهميته من قانون كبلر وقوانين نيوتن للحركة وطبيعة الأجسام المتجاذبــة كحال الأرض والقمر بكتل معلومــة مقدارها (m_1) و (m_2). وتجدر الإشارة هنا إلى أهميــة هذا النوع من القوانين بالأخص لأنها وجدت طريقها للخلود عن طريق اشتقاقها من نظرية تربطها بها صلة (قد تكون شاملة أو جزئية).

وبالنظــر لإبهــام السببية التي تنطــوي عليها القوانــين العملية ترى العلمــاء دائمي المثابرة والبحــث عن الطرق والأساليب التي تمكنهم من تحويل القوانين العملية إلى قوانين مشتقة أو مستقاة ولو على مدى مرحلة زمنية مضنية شاقة قد تمتد لعقود عدة.

أنكتشف القوانين أم نخترعها؟

أعرب هيزنبرك (Heisenberg) لاينشتين (Einstein) عن رأيه التالي يوما خلال حديثه معه قائلاً:

(حينما تُغرينا الطبيعة وتطلعنا على الصيغ والنماذج الرياضية فائقة الجمال والرشاقة والبساطة والتي لم تُطلع غيرنا عليها من قبل، سنجد أنفسنا – على ما أعتقد – أسرى لتلك الفتنة وذلك الجمال الذي سيقنعنا – بحقيقته – وبأنه بالفعل قد كُشف لنا وحدنا وأنه بالفعل يمثل شيئاً جديداً أُلهمنا إياه (دون غيرنا) لنعي بواسطته الطبيعة من حولنا ولنفهمها ونتمتع بها).

دافيز
- Paul Davies، Superforce
مقتطف من كتابه (القوة الفائقة)

في ظني (شخصيا) أننا لا نخترع قوانين الرياضيات والفيزياء وإنما نكتشفها، لسبب بسيط بيّن وهو أن وجودها لا يخضع أبدا لوجودنا. وأستدرك قليلا لأؤكد وجود وجهات نظر مخالفة ومغايرة، وقد لا تخلو وجهة نظري تلك من متناقضات، أعترف بذلك، ولكن دعني أسوق لك المثال التالي: أنا من المؤمنين بأن القوانين الرياضية موجودة وليست حادثة؛ بمعنى أنه إذا أخذنا المعادلة التالية:

$$8 = 1 + 3$$

فلا أحد سينادي بصحتها بل سنتفق جميعا على خطئها!

ليس هذا المهم، ولكن المهم هو هل كانت تلك المعادلة (صحيحة) قبل اكتشاف الأرقام أم لا؟ أعتقد ذلك! فالمنطق يحتم علينا الاعتراف بوجود الأرقام وعلاقاتها الرياضية سواء وجد الإنسان ليدركها أم لا. لقد طرح (مارتن كاردنر – Martin Gardner) فكرة مماثلة بطريقة ذكية طريفة حينما قال: (إذا ما صادف اثنان من الديناصورات اثنين آخرين في البرية،

فلابـد أن يكون هناك أربعة منهم بغض النظر عن درجـة الغباء التي يتمتعون بها والتي تحول دون إدراكهم لذلك! بعبارة أخرى فإن في البرية آنذاك وُجدت أربعة ديناصورات سواء وُجد من البشر أحدٌ لإدراك ذلك أم لا!).

كتب (ج. هـ. هاردي – G. H. Hardy) في مؤلفه الشهير (اعتذار الرياضيين) ما يلي: (أنـا مؤمن بوجود الكيان الرياضـي المتكامل خارجنا ولابد أن يقتصـر دورنا على اكتشافه ومراقبته، وأن كل ما نتصنعه من ضوضاء وجلبة وكل ما نحققه من انتصارات وإنجازات في اكتشاف النظريات الجديدة التي نفرح بإثباتها وننسبها – غرورا – لأنفسنا، ما هي بالحقيقة إلا ملاحظـات وتسجيل لما هو موجود حولنا بالفعل ولا فضل لنا في إيجاده، فأنا مؤمن تمام الإيمان بأن كل ما (كتبناه) من قوانين طبيعية ومعادلات رياضية ما هي إلا ملاحظات ووصف لمـا اكتشفناه وكان موجـودا قبلنا. لا أتوانى عن تشبيه مبدعـي القوانين و (مخترعيها) بمنقبي الآثـار الذين في إماطتهم اللثام عن كنوز وأسرار وخفايا الأزمان الغابرة إنما هم (مزيلي غبار) عما حبى الله الكون من حقائق... لاغير).

يعتقد الكثير من العلماء – كما سبق وأن ذكرت في هذا المؤلف وغيره – ويشعرون شعورا عميقا بضرورة تمتع كافة القوانين بصفة – البساطة –. وفي مؤلفهما الموسوم (الفيزياء) وضح الكاتبان (ديفد هاليداي – David Halliday) و (روبرت رسنك – Robert Resnik) هذه الحقيقة باقتراحهما التالي:

> **((إن إعلاننا عن نجاح برنامج ما في موضـوع الميكانيك يؤكد لنا وجود قوانين بسـيطة تتحكـم بـه. ولعل ذلك هو السـبب الأساسـي لارتياحنـا وإيماننا بقوانـين الميكانيك الكلاسيكية. ولو أن قوانين القوى كانت من التعقيد وصعوبة الإدراك والفهم بمكان لما استأنسنا بها ولما طابت أنفسنا بها، وفرحت لها، ولما شعرنا بأننا قد ربحنا شيئاً في فهمنا وتعاملنا مع الطبيعة)).**

وإذا رغبـت بالمزيد فإليـك بعض الآراء حـول بساطة وتبسيط الرياضيـات وعلاقة ذلك بإدراك الحقيقة..

الرياضيات المبسطة والحقيقة

- إن في سيطرة الرياضيات على الفيزياء لخطورة تنطوي على إمكانية إغرائها لنا واستدراجها إيانا شيئا فشيئا إلى ممالكها المتوجة ببديع جمالها وبروائع كمالها والمبهرة لنا ببديع صنعها في آن، ذلك الجمال والكمال المفقودان أصلا في حياتنا الواقعية والذي قد يتنافى حتى مع الفيزياء في تطبيقاتها الحقيقية، ولكن حتى ونحن نتسنّم تلك الذرى الشاهقة، المسببة للدوار، علينا أن نمسك مداركنا ونستقرئ تاريخنا ونشحذ فكرنا لنتأمل ذات التساؤلات العميقة التي أقضت مضاجع العظام قبلنا كـ(أفلاطون) و(عمانوئيل كانت)، وملخصها: (ما هي الحقيقة؟) هل هي تلك التي تدركها أذهاننا وقد أسكنتها فيها كالمعادلات الرياضية، أم أنها تقبع بعيدا (هناك)؟

عطيه

Sir Michal Atiyah، (Pulling the Strings) Nature.

مقتطف من مقالته (سحب الخيوط).

- نقر ونعترف بأن نماذجنا الرياضية للحقائق الفيزيائية تفتقر بل هي بعيدة كل البعد عن الكمال حتى اليوم، إلا أننا لابد وأن نسلم، من الجانب الآخر بأنهن قد زودننا بأدوات تحاكي الحقيقة وبدقة عظيمة تفوق أي وسيلة أخرى أو طريقة للوصف تفتقر إليها.

بنروز

Roger Penrose، (What Is Reality?)

مقتطف من كتابه (ما هي الحقيقة؟).

أجابت (ماريلين فو سافا – Marilyn Vos Savant) النابغة الوحيدة التي سُجلت في كتاب كنس (Guinness Book) للأرقام القياسية العالمية كحائزة على أعلى معدل ذكاء (IQ) في العالم بمعدل خيالي بلغ (228) نقطة! والمؤلفة لعدد لا يستهان به من الكتب الممتعة وزوجة الدكتور الطبيب (روبرت جيرفك – Robert Jervik)، مخترع القلب

الاصطناعـي من نـوع – Jervik 7 –، عندما سُئلت ذات مرة من قبل أحد قرائها: (لم على المادة أن تتصرف بطريقة يمكن التعبير عنها رياضيا؟) كما يلي: (لقد آمن الإغريق القدماء بأن تصميم الطبيعة لابد أن يكون رياضيا في جوهره)، ومن المعطيات الجمة للتطبيقات الرياضية المتنوعـة استطعت أن أستنتـج... ومن ثم الإيمان والإقرار بـأن (رياضيات) من نوع ما لابد وأن يمكن ابتكارها لتفسير تصرف كل شيء! ولا أخالني سأعتبر المادة استثناءً لذلك). لاشك بأن الكثيرين – وأنا منهم – سيسلمون بوجهة نظر (ماريلين فو سافا) ويوافقونها في إجابتها علـى تساؤل ذلـك القارئ، أضف إلى ذلـك – وهذا ما ذكرتُه في مقدمـة هذا الكتاب وما تواتر في أكثر من موقع خلاله – بأن (الحقيقة) يمكن أن يعبر عنها تماما باستخدام مصطلحات ومعـادلات رياضية بسيطة نسبياً وهذا ما يقودني إلى الاستنتاج بأن (الناموس الرياضي) لابد وأن يكون قد أُودع في صميم الطبيعة منذ أُوجدت.

للقوانـين المذكورة في هذا الكتاب قابلية فريدة على إقناعنا وحتى إبهارنا برشاقتها ودقتها واختصارها بالإضافة إلى قابليتها الهائلة على التنبؤ. ليس لي أن أدعي أن للقوانين التي نعرفها قابليـة تفسير (كل) ما نشاهده في الطبيعة الآن (وأخص بالذكر الظواهر الخاصة بالجسيمات مـا دون الذريـة) والتي لا ينبغي لمثلها أن تكون سهلة المنال بسيطة التركيب ولكنني على ثقة، ويؤيـدني في ذلك الكثير من العلماء، بأننا (وبمرور الزمن– الكفيل بتزويدنا بالمزيد من المعرفة الأساسية) لنأمل بتبسيط عدد من المعادلات العصية. يؤيدني فيما ذهبت إليه المؤلف (جيمس ترفل – James Trefil) في كتابه (طبيعة العلوم) الذي جاء فيه ما يلي، بخصوص البساطة والتبسيط الرياضي الذي نحن بصدده: (تُشكل القوانين الرياضية هيكل الكون الذي نعيش فيه، فهي تمنحه شكله الذي نعرفه وتربط أطرافه بعضها ببعض، وتؤكد لنا مرة بعد أخرى بأن هذه الطبيعة التي نعيش فيها والتي نُراقبها أو نتطلع إلى استكشافها هي مكان آمن مفهوم يفتح لنـا ذراعيه وصدره (على الدوام) – وبـكل أمانة – لنتعرف عليه وندرسه ونتمتع بموجوداته وهـي على استعداد لاستقبالنا وكشـف أسرارها لنا، إذا ما وظفنا حسنا الإنساني ومنطقنا في التقرب إليها. نحن نعيش في زمن تكاد تنهار فيه الثوابت وتهتز فيه المسلمات إلى الحد الذي

قد يدفع – وقد دفع فعلا – بالكثيرين إلى فقدان الثقة بالسيطرة أو حتى بإدارة الأحداث. وهنا وفي مثل هذا الخِضَم المتلاطم المخيف تبرز لنا القوانين الطبيعية كطوق نجاة أو كفنار هادٍ في لجج الظلمات لتذكِّرنا بأن أحلك ما يشغل بالنا وأصعب ما يتحدانا من منظومات معقدة نجابهها في حياتنا؛ يمكن أن تنقاد لنا وأن تُهادننا إذا ما أدركنا أنها تعمل وفق قوانين بسيطة، سهلة قابلة للإدراك من قبل الإنسان المفكر المتعلم الواعي).

تكلمنا كثيرا عن بساطة القوانين الطبيعية وضرورة كونها كذلك، ولكن هل لذلك أي معنى يقربه من ذهن القارئ العادي؟ دعني أُصور لك هذا المشهد الخيالي الذي سيساعدنا كثيرا على فهم المغزى من القوانين بصورة عامة – والفيزيائية منها بصورة خاصة – ولماذا يفضلها الكل (وليس البعض) بسيطة.

لنفترض وجود عالم مطابق لعالمنا في مكان ما من الكون ولنفترض كونه غريبا إلى درجة أسميناه معها (بكون العجب!). ففيه سيسأم (**كبلر**) ولن يكف عن نتف لحيته لأنه وبمراقبته المضنية لكواكب مجموعته الشمسية لم يتمكن من توصيف مداراتها (بالإهليجية) – كحال مجموعتنا الحبيبة وإنما بدلاً من ذلك وجدها تدور وفق نظام هندسي غريب شديد التعقيد فلم يتوصل لوضع أي معادلة رياضية تحكمها. ولم يكن حال (**نيوتن**) بأفضل من سلفه هناك وإن كان أكثر حظا منه بالتوصل إلى المعادلة الرياضية التي تفسر موقع وحال وتعجيل التفاحة التي سقطت على رأسه ولكنها كانت معادلة ذات عشرين حدا!! ترى كيف سيتمكن علماء ذلك العالم (في كون العجب الذي افترضناه) من صنع الطائرات وإطلاق الصواريخ وصناعة السيارات واستخراج البترول؟؟... لا شأن لنا بهم. فالحقيقة نحن نعتبر أنفسنا بخير ومحظوظين جدا، فمعادلات (**كبلر**) لدينا مفهومة، وتفاحة (**نيوتن**) عكست لنا تصرف الطبيعة التي أمكن تفسيرها برياضيات بسيطة مثل تلك التي نفترض أن حقيقة كوننا قد جُبلت عليها.

يتفق عالم الفيزياء النظرية المرموق الأمريكي [ريتشارد فينمن (Richard Fynmenn (1918-1988] مع المنطق السابق، وقد حاول التأكيد على ضرورة أن تكون القوانين الطبيعية بسيطة وذلك من خلال استخدامه (**لقانون نيوتن في الجذب**

العام) كمثال يحتوي على كافة العناصر الضرورية اللازمة لأي قانون طبيعي (مثالي)، فكتب في مؤلفه الموسوم (مواصفات القانون الطبيعي) قائلا:

((لابد للقانون أن يكون رياضي الهوية والتعبير أولا، وأن ينقصه الكمال ثانيا! وهذا ما حدث... فقد أقدم (اينشتين) على تهذيبه وتحويره، وهنا تكمن الروعة. لابد من وجود شيء من الإثارة والغموض في كل قانون، ولابد من وجود عيب أو نقص فيه مهما كان ضئيلا (لا يُرى بعين الجيل الذي قُدّم إليه ولكن بعين الأجيال التي تليه) وهنا تكمن جماليته وجاذبيته كتمثال أسطوري يسعى نوابغ النحاتين أحدهم تلو الآخر – عبر الزمن – لوضع اللمسة (الأخيرة) عليه، ولكن اللمسة الأخيرة (الحقيقية) – إن وجدت أصلاً – فستكون بعيدةً جداً عن مرمى الجميع!!. وفوق كل ما ذُكر فإن خير ما في الجاذبية هي بساطتها!! تلك البساطة التي تضفي الجمال و (الجاذبية) عليها. وأخيرا تأتي (هيبة) القانون المتمثلة بشموليته. فقانون الجاذبية – أو هل أقول الجاذبية نفسها – شاملة متغلغلة ممتدة ولمسافات هائلة شاسعة لا يمكننا إدراكها)).

يجزم الفيزيائي النظري (ميشيو كاكو – Michio Kaku) بأن القوانين الفيزيائية والتي تحتوي في داخلها على مبادئ الكون الأساسية، لابد وأن تكون شديدة الإحكام أو هذا على الأقل ما حاول إيصاله من خلال رواياته ذائعة الصيت مثل (الأكوان الموازية – Parallel Universes) و (المصفوفة – Matrix) و (الذكاء الخارق – Superintelligence)، ويضيف قائلا: أعمل جاهدا في حياتي المهنية على تطوير ما أسميه (نظرية الأوتار الفائقة – Super String Theory) والتي تسمى الآن بـ (نظرية م – M – theory) ومختصر فكرتها هو أملي في التوصل إلى معادلة – قد لا يتجاوز طولها الإنج الواحد – والتي ستختصر لنا تصرف الكون بأكمله!! أما (اينشتين) فقد كان له رأيه في (كاكو) فكان يقول (لقد اتخذ زميلنا الشجاعة مفتاحا لوصف الحقيقة، وأعتقد أن الشجاعة ممكنة في كل شيء!)، وأضاف – متقدما خطوة بأفكاره عن (كاكو) – حين أوضح بأن اليوم الذي ستتمكن فيه من رصّ كافة نظريات الفيزياء وقوانينها في صف واحد لابد آت بغض النظر عن صعوبة أو سهولة

الرياضيات المستخدمة آنذاك. ولقد كتب في ذات مرة قائلا: «لا بد لكافة نظريات الفيزياء (وبغض النظر عن درجة صعوبة الرياضيات المستخدمة في التعبير عنها) أن تستسلم لنا يوما ما وبطريقة سلسة سهلة لا تتعدى مدارك طفل يافع لفهمها»... ولقد نسج الفيزيائي الأمريكي (ليون لدرمان – Leon Lederman) على ذات المنوال ذات مرة حين قال: (أنا لا أستبعد مطلقا خطأ الفكرة الأساسية لبناء فيزياء الكون وقوانينها إن هي عجزت على كتابة نفسها بوضوح وأناقة على صدرية ملونة زاهية صغيرة[1] يرتديها طفل!.

ولقد أفصح عن طموحه برغبته (بالعيش حتى يرى عملاق الفيزياء بكامله وبكل ما دجج نفسه من معادلات وقوانين وبكل ما سلح نفسه من رياضيات معقدة عصية، وقد اختُزل إلى معادلة رشيقة بسيطة يمكن كتابتها بسهولة على صدر جميل لثوب[2].

كتب (ماكس تكمارك – Max Tegmark) أستاذ الفيزياء في معهد (ماسا شوست) للتكنولوجيا (M I T) يقول: (لا أستبعد إمكانيتك في عام (2056) من شراء قميص وقد طُبعت عليه المعادلات التي تمثل كافة القوانين الموحدة للفيزياء التي تحكم كوننا والتي يمكن اشتقاق كل القوانين منها.

أما عالم الفيزياء النووية النيوزيلاندي [أرنست رذرفورد (Ernest Rutherford (1871–1937)] فقد لخص وببراعة فائقة العديد من تلك الخواطر حين قال: (لا فائدة في أي جزء من الفيزياء التي أنهكتنا لو لم تكن قابلة التفسير والإدراك والفهم من قبل عامل مقهى!!).

(1) في أصل النص – T – shirt. (المترجم) تي – شرت.

(2) في أصل النص – barmaid apron. (المترجم) نادلة ماخور.

ما هي الحقيقة حقا؟؟!

هـا قد أتوا مـرة أخرى، العديد العديد منهم وبكثرة ولكنـي هذه المرة ثابت في مكاني ولم أتقهقر قيد أنملة، ابتسـمت وأبقيت عينيّ مغمضـتين. بامكانكم المجيء، بإمكانكم الهجـوم، ولكنكم لن تُزحزحـوني عن مكاني ولن تفزعوني من نومي، نعم وبشـجاعة أقولهـا وأنا أقف أمامكم، بإمكانكم الوثوب والإغارة عليّ كلكم وجميع من ورائكم بكثرتكم الكاثرة التي لا عدد لها ليحصى ولا منبع لها ليمحى، لن ترعبوني، فقد أتيتم من الأصقاع التي لا أرقام فيها.

رايس
Anne Rice، Christ the Lord
من كتاب عيسى المسيح (عليه السلام)[1]

غالبا ما نسمع ونقرأ بأن القوانين العلمية تصف وتوضح الحقيقة! ولكن دعنا نتساءل أولا مـا هي الحقيقـة حقـا؟! هنـاك العديـد من مدارس الفكـر التي أسسها العلماء والمفكرون وفلاسفة العلم مثل الواقعيـة (Realism) والوسائطية (Instrumentalism) و النسبية (Reletivism)، وجميعهـن ينظرن إلى الحقيقة من منطلقات مختلفة وبزوايا متباينة، فتؤمن المدرسـة الواقعيـة بأن الحقيقة كائنة بغض النظر عن وجودنا من عدمه، توصلنـا إليها أو إلى جـزء منها بأفكارنـا واجتهادنا أم لم نتوصـل ولكنهـا على أية حال قابلة لـلإدراك والقياس والاكتشاف باستخدام العلم وأدواته، وتلك هي الحقيقة التي نعبر عنها بالمعادلات والقوانين التـي بين أيدينـا والتي سنكتشفها لاحقا. أما المدرسة الوسائطيـة فقد كتب (جون كاستي – John Casti)، واصفـا إياهـا بالمتشبثة بالاعتقاد القائل بعـدم صحة القوانين والنظريات وبعـدم خطئها... ولكنها تُحدد وظيفتها بكونها جميعا عبـارة عن وسائل وأدوات حساب

(1) في أصل النص: Christ the Lord.(المترجم).

للتنبـؤ بنتائج القياسات و المشاهــدات المختلفة. وتذهب المدرسة (النسبيــة) إلى الإعلان بأن الواقــع لا يعني أبدا علاقة ثابتة بين النظرية وبــين أي حقيقة مستقلة، وإنما لابد أن يتغير نسبة للمشاهد ولهذا لابد له أن يتغير ويتبدل من وقت لآخر.

لقد ذكر مؤرخ العلوم الأمريكي [توماس كوهن (Thomas Kuhn (1922–1996] في كتابــة المنشور عام (1962) بعنوان (الثورات العلمية ومكنوناتها)؛ بأن العلماء قد فشلوا – حقيقــة وواقعا – بالتقرب من الحقيقــة العلمية رغم اطراد استخدامهم واكتشافهم للمزيد مــن القوانين، هذا مما يفضي إلى الإستنتاج بأننا حقا عاجزون عن قياس مقدار تقدمنا العلمي بواسطــة قياسنــا للدرجة التي يبدو لنا العلم قــد تقدم بها وكأنه يتقرب مــن الحقيقة. ويؤكد (كوهن) على حقيقة أن العلماء باستمرار دراستهم وتفكرهم بالكون من حولهم وبتكديسهم للحقائــق والملاحظات عنه مع الزمن، فهــم بالحقيقة يتعلمون ويلاحظون كونا مختلفا في كل مرة يخطون فيها خطوة إلى الأمام في فهمهم له وإطلاعهم على مكنوناته.

نــادى هاوكنــج (Hawking) بوجهة نظر تجــاه دراسة الكون مشابهــة لأتباع المدرسة (الوسائطية) فقد ذكر في كتابيه (الثقوب السوداء و الأكوان الفتية) و (طبيعة الفضاء والزمن) الذي شاركه في تأليفه (روجر بنروز – Roger Panrose) يقول:

((أنــا لا أطالب أبــدا أن تكــون النظرية أو القانــون مطابقين للحقيقة، لأنني ببســاطة لا أعــرف علــى وجه التحديد ما هي (الحقيقة) بالضــبط!! إني من المتمســكين بالجانب الإيجابي المتفائل بأن ليس على أي منهما أن يتجاوز كونه (نموذجا رياضــيا) ولذلك لا معنى لدي للســؤال فيما إذا كان أي منهما مطابقا أو حتى ممثلا للحقيقة. كل ما نطلبه ونأملــه فعلا أن يكونا دقيقــين في توقعاتهما وتنبؤاتهما التي لابد لهــا أن تكون موافقة لملاحظاتنا العملية، فكل ما يهمني، قبل وبعد كل شيء هو أن تتمكن النظرية ويستطيع القانون أن يتنبآ بنتائج قياساتنا)).

يعــبر الفيزيائي (فكتور ج ستنجــر – Victor J. Stenger) عــن آراء مشابهة في مقاله المنشور تحت عنوان: (النشوء الطبيعي للكون ؛ سيناريو محتمل) جاء فيه:

((دعونا نتساءل عما يفعله العلم حقا حين يُفسّر ظاهرة ما؟ ولنجيب على ذلك من وجهة النظر العلمية الفيزيائية على الأقل: بادئ ذي بدء يتم استنباط وبناء نموذج رياضي ليصف ويجمع تحت ظله كافة المعطيات والمعلومات الخاصة والمصاحبة لتلك الظاهرة، ثم على هذا النموذج أن يثبت كفاءته في صف المعلومات باتساق عام يطابقها مع بعضها، ثم عليه أن يجتاز عددا لا يستهان به من اختبارات التحدي المصممة لإسقاطه (وقد تنجح إحداها بذلك فعلا)، كما عليه أن لا يناقض ولا يغاير كيان العلم المعترف به. فإذا استطاع أن يجتاز كل هذا العناء وكل هذه العقبات، يمكن أن يُتوج حينئذ كمفسر ناجح لتلك الظاهرة...)).

ويمضي (ستنجر) في تصوره حول علاقة النماذج الرياضية فيقول:

لعل أي نقاش زائد عما سبق ذكره بخصوص محتوى النموذج الرياضي من (المصداقية) أو خزينتهُ من (الحقيقة النهائية) ليُعتبر ضربا من (ما فوق الطبيعة) بدلا أن يكون معبرا عن الطبيعة ذاتها متمثلة بعلم الفيزياء، ذلك لأنه لا يوجد لدى العلماء ما يقولوه بعيدا عن استنادهم على المعطيات. وماذا بعد ذلك؟ ببساطة أجيب - لا شيء! - فلا حاجة لنا لأي شيء آخر بعد التطبيق العملي لأي نموذج رياضي أو قانون!! خذ على سبيل المثال الاستفسار التالي: أيهمك فعلا أن تعرف حقيقة (وجود) الحقول المغناطيسية من عدمه إن كان ذلك لا يؤثر عليك ولا يمنعك من الاستفادة الفعلية منها واستخدامها نظريا وتجريبيا وعمليا وتطبيقيا؟...

أسلوب ترتيب الكتاب والغرض منه

لقد نصحتهم وأخلصت لهم النصيحة بأنهم لو تمكنوا من إغراق أنفسهم في الرياضيات ودراستها، لكانت لهم أحبّ منقذٍ وخير بلسم شاف من كل هموم الجسد وعلله.

مان
Thomas Mann ، The Magic Mountain
مقتطف من كتابه (الجبل السحري).

لقد قسمت مُدخلات القوانين في هذا الكتاب إلى قسمين يحتوي الأول على مقدمة موجزة للقانون المعني مع المعادلة الرياضية التي تمثله، ويضم الثاني ملخصا لسيرة حياة مبدعه. كما وضعتُ مختصرا منمنما (**للفضوليين فقط**) قصدت به إطلاع المهتمين بما صاحب أو زامن هذا القانون أو ذاك من طرائف الحوادث ونُكات الأخبار.

لقد أضفت بعض الأحداث التاريخية [في مدخل (**من أحداث عام الاكتشاف**)] التي صاحبت اكتشاف القوانين المبحوثة وسلطت الضوء عليها، كما وشحت كل مدخل منها بقسم عنونته بـ(**أفكار فلسفية وآراء للمناقشة**) قصدت من ورائه إثارة الأفكار وبعث التعليقات وقدح الأذهان بما له علاقة بها وبالحقائق الرياضية التي تكتنزها، كما وإنني قد وضعت بعض التمارين الرياضية المبسطة وقمت بحل بعض المسائل قاصدا من وراء ذلك مساعدة القارئ على تعميق فهمه لتطبيقات القانون المعني، وأخيرا فقد ذيّلت كل مدخل بقائمة من المصادر – حرصت كمترجم بأن أدرجها جميعا بلغتها الأصلية تعميما وتعميقا للفائدة – والتي رمتها أن تضم العديد من القوانين المهمة الأخرى والمعادلات والأشخاص ذوي العلاقة.

لقد حرصت أن يكون المقصد والهدف من وراء كتابة (**منارات العلم والمعرفة: من أرخميدس إلى هاوكنج**) أن أوفر مرشدا مختصرا يسلط الضوء على العديد من المفكرين وعلى بنات أفكارهم ومتوجهاً به إلى شريحة واسعة من محبي المعرفة والثقافة من غير المختصين كي يمكنهم من الاطلاع على ضالتهم وفهمها خلال دقائق معدودة. ستلاحظ أن هناك معادلة مصاحبة

واحــدة (أو أكثر) لأغلــب القوانين المذكورة ؛ لا عليك عزيزي القــارئ ولا تبذل جهدا في سبر غورهــا (إن ضقت ذرعاً بها) فلقد كُتب الكتاب لتستطيع أن تلتقط جوهر المقصود من كل القوانين وتفهمها جميعاً كامل الفهم دون الالتفات لأي منها. لقد كان غرضي من وراء وضعهــا هو إعطاء الفكرة المكثفة لماهية كل منها. ولا يشك أحد بأهمية قوانين هذا الكتاب ومركزيتها في كامل كيان المعرفة البشرية إن سابقا أم لاحقا، ولكنني حرصت فيه على المرور على الأساسي منها فقط، وتلك التي لها علاقة بتفسير تصرف الكون وتشكيل العلوم الحديثة. لاشك أن إدراك تفاصيل أي قانون مذكور في هذا الكتاب وحتى فهم المعقد منها قد يتطلب الحصــول على (الدكتوراه!) في حقل الاختصاص، إلا أني قد حرصت كل الحرص على أن أوصــل ما يفي بغرض الاطلاع على أي منها برشاقة وسلاسة واختصار لا يتعدى صفحات معــدودات، وبذلك أكون قد اختصرت الكتاب وحققت الهدف من تأليفه دون الحاجة إلى تفصيل يتطلب طبعه بأجزاءٍ عدة.

لقد اخترت قوانين الكتاب والمعادلات المصاحبة لها بعد التشاور والنقاش والاتفاق مع جمهرة مــن الزملاء العلماء الأعزاء - ولا أدعي ضمي لكافــة القوانين العلمية المسماة بأسماء مكتشفيها بين دفتي سفري هذا ولكن ما ضمه فعلا، يشكل (في اعتقادي على الأقل) الغالبية العظمى منها والتي شكلت بالفعل ثقلا تاريخيا مهماً وتأثيرا عمليا ملموسا على العلم والفكر البشري ككل.

ومن الجديــر بالتنويه بأن ما اصطفيته وما أدخلته في متن هذا الكتاب من (قوانين الطبيعة) عنيــت بها تلك التي بُنيت على المشاهدات الفيزيائية والمختصة بهذا العلم وبعالمه فقط، وبناء عليه ولغرض الاحتفاظ بالحجم المعقول للكتاب فقد أحجمت عن ذكر ومناقشة كافة قوانين الاقتصاد والعلوم النفسية والبيولوجية وعلوم الأرض والرياضيات الصرفة، كما أنني لم أتطرق إلى أي مــن قوانــين الحاسوب وتقنياته الرقميــة من أمثال قانون مــور (Moore)[1] وأمدال

(1) قانــون مــور (Moore's Law): مصطلح سُك في عام 1970 وينص على تضاعف عــدد الترانزسترات الممكن إضافتها إلى الدوائر التكاملية كل سنتين دون زيادة في سعرها أو بعبارة أخرى: انخفاض سعر الدوائر التكاملية 50% كل سنتين. (المترجم).

(Amdahl)[1] وكوستافسون (Gustafson)[2] وكثير غيرهم.

وافق (لورنس كراوس- Lawrence Krauss) على اختياري للجل الأعظم من قوانين هذا الكتاب من حقل الفيزياء لأن ذلك يؤيد بعض الآراء التي سبق أن ناقشها آنفا في كتابه الممتع (**الخوف من الفيزياء**) وخصوصا ما ذكره في فصل (**ما هي الحقيقة حقا؟**) عن قابلية الفيزيائيين الفائقة والمتميزة على متابعة حقائق وظواهر غاية في التعقيد وهم متسلحين بحفنة من الأفكار المبدئية والقوانين، فقد كتب يقول:

((يعود فضل الفيزيائيين على غيرهم من العلماء إلى حقيقة جلية ناصعة ألا وهي أن أي ظاهرة قد يتوصل إلى وصفها أحد الفيزيائيين ويتمكن من اختصارها في قانون رياضي، لابد وأن تكون متوفرة وسهلة المنال لأي فيزيائي آخر في العالم من خلال مفاهيم ورموز رياضية مشتركة لا يمكن أن نصفها بالكثيرة ولا بالمعقدة. لا يوجد على الأرض أي كيان متابع لأي فرع من فروع المعرفة البشرية يضاهي الفيزياء لا في تفاصيلها ولا في بساطة فهمها وحصرها لقوانينها رياضيا)).

أود الإشارة هنا أيضاً إلى العديد من الكتب الممتازة التي صنفت قوانين العلوم؛ منها كتاب (تريفل؛ طبيعة العلم - Trefil's The Nature of Science) وكتاب (جنيفر بوثاملي ؛ معجم النظريات - Jennifer Bothamley's Dictionary of Theories) وكتاب (روبرت كرب؛ القوانين العلمية والمبادئ والنظريات- Principles and Theories - Robert Kreb's Scienfific Laws).

إن أهم ما امتازت به هذه الكتب هو شمولها على قوانين أخرى كثيرة ولم تقتصر على تلك

(1) قانون امدال (Amdahl's Law): وسمي باسم مصمم الحاسبات (جين امدال Gene Amdahl) ويستعمل لحساب أعلى كفاءة متوقعة من نظام إلكتروني معين عند تطوير أحد أجزائه فقط. (المترجم).

(2) قانون كوستافسون (Gustafson's Law) - وينسب إلى واضعه رجل الأعمال وعالم الحواسيب الأمريكي [جون ل. كوستافسون (ولد في 19 كانون ثان من عام 1955) وينص على أن كافة المسائل التي يمكن حلها بواسطة (الحساب الموازي Parallel Computing) هي بالأصل مسائل مستقاة من العالم الحقيقي بحيث يمكن (انتخابها مسبقاً) ليمكن تحليلها بذلك الحساب. وعليه لا حدود لحجوم ومقدار تعقيد المسائل الممكن حلها خلال (الزمن الحقيقي) لاشتغال أي منظومة حواسيب ما دام بإمكاننا إضافة المزيد من الحواسيب إلى أصل تلك المنظومة. يعارض هذا القانون (رياضياً) قانون (امدال) السابق. (المترجم).

المقرونـة باسم هذا العـالم أو ذاك، ولذلك كان عليها أن تكون شديـدة الاختصار في الشرح وذلـك تلافيـا لتضخيمها غير المبرر، ولـك أن تأخذ كتاب (**بوثاملي**) الـذي لم يخصص لأي قانـون أو مبدأ ذكره أكثر من جملتين أو ثلاث فاعتُـبر لذلك معجما ملخصا، أما كتابي هذا فقد حرصت على جعله بحجم متوسط مناسب، وسعيت إلى ذكر بعض التفاصيل عند سردي للقوانين وسيرة حياة واضعيها فأمكن بذلك تميُّزه عما سبقه من ملخصات.

يعكس كتاب (**من أرخميدس إلى هاوكنج**) شذرات محددة من قابلياتي الذهنية وذكائي، فرغم حرصـي المستمر على الاستزادة من المعرفة والاطـلاع على أكبر عدد ممكن من حقول العلم والغور فيها إلا أني لأظلم نفسي إذا ما ادّعيتُ بلوغي الكمال والفصاحة في كلها جميعا، وبناء على ذلك علي أن أؤكد بأن ما يعكسه هذا الكتاب لا يتعدى اهتمامي الشخصي، جامعاً بين دفتيه كل مميزاتي ومثالبي[1]. لقد تحملت مسؤولية اختيار القوانين المدرجة فيه وبذلك أكون مسـؤولا عن كافة الأغلاط والهفوات التـي وردت فيه أو تسببت عنه. لم أقصد أبدا من وراء تاليفي لهذا الكتاب أن يكون أطروحة متكاملة جامعة لكل شيء موجهة للمختصين وحملة العقـول النيّرة والشهادات العالية، بل بالعكس كان هـدفي هو جعله أقصوصة علمية مسلية ومختصرة موجهة إلى الطلاب والمبتدئين والمهتمين بالعلوم وألوانها. وإلى رجل الشارع إذا ما رغب في توسيع مداركه حسب ما يسمح به وقته واهتماماته، فضلا عن مشاغله وهمومه.

قـد يلاحظ الكثـيرون اختلاف المساحـات المخصصة لمختلف القوانـين، كما قد يلاحظ آخـرون قصرهـا في كثير من الأحيان وعذري في ذلك شحـة المصادر والمعلومات عن بعض المبدعين والمكتشفين ليس إلا، وفي هذا المجال أجدني أتقدم بطلبي والتماسي لقرائي الأعزاء لإثرائـي بملاحظاتهم وآرائهم بغية التطوير والاستمرار، فإني لا أعتبر هذا الكتاب عملا قد تم وإنما قصة حب طويلة لم تكتمل فصولها بعد.

(1) يتحمـل (المترجـم) كذلك تبعات كل ما أخفـق في حسن إيصاله إلى القارئ العزيز، كما ويحتفـظ بسعادة إطلاع كافة أحبائه وأصدقائه القدماء والجدد بما قدمه من جهد في ترجمة ووضع هذا الكتاب بين أيديهم.

عمدت إلى اتباع التسلسل الزمني التاريخي لإدراج القوانين والأحداث وفقا لسنة اكتشافها إلا أنه قد يحدث وأن تذكر المصادر اختلافا في ذلك إذا ما اعتمد بعضها على ذكر تاريخ الاكتشاف، في حين آثر آخرون الاستئناس بذكر تاريخ النشر واعتماده كتاريخ للاكتشاف؛ علما بأن الفارق بينهما قد يمتد إلى سنة أو أكثر أحيانا. وعمدت في هذا الكتاب أيضا إلى ذكر تاريخ نشر القانون المعين كلما أخفقت في التوصل إلى، أو لم أكن متأكدا من تاريخ الاكتشاف الفعلي السابق لذلك. ولكن قد لا ينطبق ما سبق على عظماء مثل **(نيوتن)** والذي كانت له حالة خاصة وجب لها التنويه، فقد فصلت بين اكتشافه لقوانينه ونشرها سنون عديدة.

يذكر لنا التاريخ أن **(نيوتن)** كان قد ادعى اكتشافه لقانونه الشهير الخاص بالتحلل اللوني للضوء ولقانونه في التربيع العكسي للجذب العام في العام (1664) وهو العام الذي صادف وأن انتشر مرض الطاعون في بريطانيا الأمر الذي أوجب غلق الجامعات ومنها جامعته وعزله مع الكثيرين غيره في بيوتهم. وبالتمحيص الدقيق لتحليل الحوادث نجده قد بالغ قليلا بذكر ذلك التاريخ بالنظر لميله الطبيعي حينئذ لتسجيل مكتشفاته في أوقات أبكر من تاريخ اكتشافها الحقيقي كلما سنحت الفرصة له بذلك!!. والحقيقة تدفعنا إلى التذكير بأن بعض آرائه في الميكانيك لم تكن قد تبلورت بعد وإلى حين الفترة بين عامي (1685–1687) عندما نجح فعلا بتأليف ونشر كتابه العظيم (الأسس الرياضية لفلسفة الطبيعة – Philosophiae Naturalis Principia Mathematica) والذي غالبا ما يُذكر اليوم تحت اسم مختصر وهو (المبادئ – Principiae). وبناء على ذلك فقد ثبّت تاريخ اكتشافه لبعض قوانينه في عام (1687) وهو عام نشر (المبادئ). وعلى كل حال وبالرغم من وجود شيء من التباين في ذكر وتثبيت تواريخ اكتشاف بعض القوانين في أدبيات تاريخ العلوم، فإني لا أخال القارئ قد أخطأ في تقديره بأن في ذكري لقوانين هذا الكتاب قد قصدت إدراجها زمنيا حتى وإن كان تاريخ اكتشاف بعضها لا يزال يشوبه بعض الجدل والكثير من قلة الدقة.

وأخيرا لعلك لاحظت وتساءلت عن سبب اختفاء أي ذكر لأي قانون أو مبدأ سُمّي بعد امرأة!، وإنك لعلى حق وأسوق إليك جملة الأسباب التي دفعتني إلى ذلك، ومن بينها الانغلاق

التـام وشبه استحالة حصول المرأة – وإلى حد أواسط القرن العشرين – على التعليم العالي في الغرب. هذا إذا تمكنت أصلا من الحصول على التعليم الأولي والإعدادي فضلا عن الجامعي. لقـد دُفع بالكثير منهن واضطررن إلى اتخاذ المواقـف المناوئة لعوائلهن وأزواجهن إذا ما هن أصـررن على التعلّم والتحصيل العلمي. فلقـد أُجبر بعضهن على اخفاء شخصياتهن والعمل تحـت أسماء مستعارة أو محاولة التعلّم تحت ظروف مروِّعة من القهر والمضاددة تصل إلى حد الاضطرار إلى الانعزال اجتماعيا. أدت كل هذه الأسباب وغيرها إلى غياب الأسماء النسوية عن مداخل الكتاب كمشاركات ومبدعات في وضع القوانين أو في ابتكار الرياضيات.

وفي الختـام لي أن أقـول بأني قد ذكـرت وفي أواخر الكتاب وفي فصلي (**القول الفصـل في رشـاقة الرياضـيات...**) و (المتنافسون العظام) عددا إضافيا من القوانـين والمعادلات المسماة بأسمـاء أصحابها ومكتشفيها. لقد قصـدت من وراء تينك الفصلـين الأخيرين إذكاء ملكة التفكـير وتشجيع حب التساؤل، فقصدت إثارة القـراء للتفكير والبحث. وبعد الانتهاء من قـراءة الكتاب أرجو من قرائي التفضل بإبلاغي عن أي قانون قد أُغفل وهو يستحق الإدراج ضمن مداخل الكتـاب الرئيسية، وأرجو منهم طرح الأسئلة ومساعدتي على الإجابة عليها مثل: اتستحق معـادلات كمعادلة شرودنجر (Shrodinger) و مكسويل (Maxwell) و ($E = mc^2$) أن تُنعت بالقوانين وأن تُدخل في قسم الكتاب الرئيسي بدل أن تُدرج في ذيله؟ أنـا بالانتظار، بل وأرحب بأي ملاحظات وانتقادات من السادة القراء من أجل متابعة تنقيح هذا الكتاب والذي كان قد صُمم لتسليط الضوء على أمهات المعادلات في دنيا العلوم دائمة التغيير ومتابعة تطورها الذي لا يعرف الهوادة.

توزيع مبدعي القوانين عبر الزمن

لقد أبدع (اينشتين) علاقته الأساسية البارعة الخاصة بغوامض المادة والطاقة ودواخلهما من نظرة فلسفية ملهمة للطبيعة والكون، وليس من التحليل العقلاني لمعلومات استُنبطت من الملاحظة. كثيراً ما يتأخر التحليل العقلاني والتوقع العلمي والتجريب المختبري عن سبق الفرضية الخلاقة المبدعة وغالبا ما يأتي بعدها.

ديفز
R. H. Davis، Skeptical Inquirer
مقتطف من كتابه (المُشكك المتسائل).

في نهاية المطاف وفي الختام لابد لي من الاعتراف بحجتي الشخصية التي دفعتني للاهتمام بقوانين الفيزياء ودراستها وتبجيلها، والتي (وأظنها تتناغم مع مشاعر ورغبات الكثيرين من القراء والمطلعين) تعود إلى الشعور بالخيلاء والنصر وبالإحساس بالأمان والاطمئنان الذي قد يرتقي إلى الشعور بأننا قاب قوسين أو أدنى من امتلاك ناصية قدرنا والتنبؤ بمستقبلنا!. تتعرض حياتنا يوميا إلى العديد الجم من التحديات والمخاطر والتي نقف عاجزين مكتوفي الأيدي حيالها؛ قد يتراءى في الأفق البعيد حلٌ غائم لهذه المعضلة أو إجابة شائكة لتلك المشكلة، ولكن كثرما يسقط بأيدينا فلا نملك للكثير من مشاكلنا وكوارثنا ومآسينا حلولا. ولعل خير ما يميز عمل الباحث في طريقه لاكتشاف قانون أو تهيؤه لاكتشاف مبدأ أو لوضع فرضية، هو الشعور العارم بإدراك الغاية والتوشح بالفخر، هذا خلافا عن سائر الأعمال والواجبات التي نقوم بها يوميا وخلال حياتنا مهما تفانينا في أدائها ومهما ضحينا لبلوغ الكمال فيها. إن في اكتشاف قوانين الطبيعة وصياغتها الصياغة الرياضية الصحيحة لنشوة تشابه نشوة الاكتشاف والاطلاع على المجهول وروح المغامرة، أضف إلى ذلك متعة التخيل بأنك استطعت أن تحيط جزءاً من أطراف الكون المتنامي القاهر من حولك بهالة منك وبقبس من ذهنك ومن ثم تلفه بغلاف زاه موشح بجميل الأشرطة الملونة الزاهية المتلألئة مصدره فكرك، وياليت أن يمن كل

قرن جديد علينا بالجديد الأصيل من قوانين الكون الجميل!!

يوضـح الجدول رقم (1) أدناه التوزيع الزمني لاكتشاف أمهات القوانين المذكورة في متن هذا الكتاب. ليس من الصعب على الملاحظ إدراك العدد الهام منها والمُكتشف حصريا خلال القرن التاسع عشر(1800s)، وإدراك الهبوط العددي للمبادئ الفيزيائية المكتشفة خلال وما بعد القرن العشرين (1900s):

جدول رقم (1):

الحقبة الزمنية وعدد ونسبة القوانين المكتشفة خلال كل منها.	
الحقبة الزمنية	عدد ونسبة القوانين المكتشفة
250 ق.م – 1700 ب. م	10 (20%)
1700 – 1800	06 (12%)
1801 – 1900	30 (60%)
1901 – 2000	04 (08%)

أقترح عليك – عزيـزي القارئ – الاستئناس بالقائمة الأكبر من القوانين العلمية الإضافية المذكورة في مدخل (**المتنافسون العظام**).

لقـد كان الركـون إلى، والاستئناس بالتجارب وتطابق نتائجها هـو ما يثلج قلوب العلماء ويطمئنهم إلى صحة هذا القانون أو ذاك. ولكن ديدنهم ذاك سرعان ما جابه تحديات خطيرة ومطبـات مقلقة حينما حاول الولوج إلى ممالك عديـدة جديدة في عالم الفيزيـاء الحديثـة من أمثال ميكانيكا الكم ونظرية الجسيمات مادون الذرية، والنسبية. لا يشك أحد بتنامي قدرات العلمـاء على تصميم وإنجاز العديد من التجارب المعقدة الخاصة بالعديد من الظواهر لفحص مختلـف القوانين، إلا أن مـا يستحق الذكر هنا هو تضخم المتطلبـات المالية والضغوط التقنية لإجراء التجارب الحديثة مقارنة بمثيلاتها في سالف العصور والأزمان.

وكاستدراك بسيط مهم أجد نفسي ملزما لذكره هنا، هو أني قد عمدت عند وضع الجدول رقم (1) إلى جمع اثنين أو أكثر من القوانين المتشابهة وإدراجها كرقم واحد حين أدركت الشبه البيّن والتقارب الكبير بينها، فمثلا تجدني قد وضعت كلي قانوني كرشهوف (Kirchhoff)

للدوائر الكهربائية (Kirchhoff's electical circuit Law) كقانون واحد، وأدرجت قانـون إشعاع بلانـك (Plank's Law of Radiation) كمثـال لكافة القوانين المشابهة ذوات العلاقة بقوانين إشعاع الأجسام السوداء والتي اكتُشفت في حُقبته.

يُظهر الفصل المعنون (**مسـك الختام: القول الفصـل في جمال الرياضيات ورشاقتها وفضلها على سائر العلوم**) ملاحظات وتفاصيل أخرى لتفسير ظاهرة أفول تسمية القوانين باسم مكتشفيها بحلـول القرن العشرين واعتبار ازدياد تمحور العلم الحديث حول العديد من المعقد والمتظافر والمتنامـي من المشاريع البحثية، احد المسببات الرئيسية لتناميها. ذكر (بيتر ديزكس – Peter Dizikes) في كتابه الموسوم: (تباشير الشهرة: زبدة الاختلاف بين الماضي والحاضر) تعليقه على ظاهرة الأفول تلك فقـال:

> **((ليس علـى العلماء والنوابغ اليوم النظر إلى الأفق من على اكتاف من سـبقوهم مـن العظمـاء والعباقرة ليتمكنوا من صـيد قانـون أو اقتناص نظرية (كما سـبق وأن جاء على لسـان نيوتن)، ولكـن عليهم البحث ورؤية (الممحي) بعـد (تعدين) جبال كاملة من أوراق البحوث المشـتركة التي تحتوي معلومات ونتائج خاضت غمار المصاعب في العديد من أعاظم المختبرات ومراكز البحث في العالم ونجحت في تخطّيها جميعاً، حتى صـارت تتسابق محمومة لتجد مكانها على صفحات الدوريات أو بين أروقة المنتديات أو لتكون خبرا عاجلا على صفحات الشبكة العنكبوتية الافتراضية)).**

لقد استطاع (جيمس كليك – James Gleick) لمس نقطة الصواب حين قال (لقد فاق امتـداد وتوسع عالم المعرفة بفروعه المتعـددة وتفاصيله المذهلة أي إمكانية لأي عبقري مبدع من النوع القديم!!).

ولوضـع الجدول رقم (1) – آنف الذكـر – في سياق الكتاب الزمني والعلمي، أتمنى على القارئ الحصيف أن يعود معي بذاكرته إلى الثورة العلمية الأولى التي حدثت في الفترة ما بين عامـي (1543) و (1687) تقريبا. ففي عـام (1543) تمكن (**كوبرنيكوس**) من نشر نظريته حول مركزية الشمس لحركة الكواكب، وتمكن (**كبلر**) في ما بين عامي(1609–1618) من

إكمال قوانينه الثلاثة التي تصف مسارات الكواكب حول الشمس، وفي عام (1687) تمكن (**نيوتن**) من نشر قوانينه الأساسية في الحركة والجاذبية.

كمــا أتمنى عليــه أن يعود بذاكرته أيضا إلى الثورة العلميــة الثانية التي حصلت ما بين عامي (1850) و (1865) حينمــا تمكن العلماء من التحــدث عن وتطويع مفاهيم متعددة جديدة في مجالي الطاقة والانثالبية (Entropy)، حينها بانت بوادر ازدهار الحقول المعرفية المعروفة بالديناميكا الحرارية والميكانيكا الإحصائية والنظرية الحركية للغازات. أما الثورة العلمية الثالثة فقد ظهرت طلائعها مع بزوغ فجر القرن العشرين والتي حملت معها نظرية الكم والنظريتين الخاصة والعامة في النسبية والتي جلبت معها مفاهيم جديدة أعمق ومعطيات أحدث وأثرى، أدت إلى قلب مفاهيمنا ليس عن الفيزياء وحسب وإنما عن الحقيقة ذاتها.

نمــت وازدهرت مفاهيم ميكانيكا الكم بعد عــام (1925)، فلقد ذكر الفيزيائي البريطاني (بــول كوينسي – Paul Quincey) الذي يعمل في المختبرات الفيزيائية الوطنية للمملكة المتحــدة بــأن إمكانيات (نظرية ميكانيكا الكــم) وتطبيقاتها قد فاقــت قابليتها على وصف وتوقــع وتفسير صفات الذرات بأفــكار مجردة مثيرة فقط، وإنما تجاوزتها بكل شجاعة وحزم إلى طــرق أبواب كانت مغلقة والإجابة على طلاسم كانت ترتكز على تفسير ظواهر معلومة وأسئلــة قديمة من أمثال (لم لا تنهار الذرة وتنكمش على نفسها؟!) و (لم على المواد الصلبة أن تظهر قاسية؟!) و (كيف تتمكن الذرات من الاتحاد مع بعضها وتشكيل روائعها بل وعجائبها فيما يعرف بعلمي الكيمياء والأحياء؟!).

ولكــن نصر (الكم) المؤزر هذا لم يأت صــافي البال من غير منغصات! فبمجرد خروجك من ذلك العالم المتماسك المبهر، رياضي التركيب، هندسي المنطق والتصرف ومحاولتك تفسير مــا يحدث هنــاك، فسرعان ما سيصبح كلامك لغواً لا معنى له أبــداً!!. لقد أولجت الفيزياء نفسها أخيرا، وحشرتها في زاوية صعبة للغاية حين دخلت منطقة العلم (اللاإدراكي) عصيّ الفهــم الذي لا يتماشى مع المنطق والسببية التي درج عليها الذهن البشري واعتادتها تفاسير الظواهــر العلمية والطبيعية... فقد نبه (فينمــن – Feynman) على صعوبة المرحلة حين

قـال: (أعتقد أني أقف اليوم على أرض صلبة تماماً حين أعلن – وأنا أعني ما أقول – بأن لا أحـد قد استطاع فهم ميكانيـكا الكم!)، كما كتب الفيزيائي الدنماركـي الشهير [نيلز بور Niels Bohr (1885–1962)] يقـول: (لا وجـود لشيء اسمه (عالم الكم)، كل ما بين يدينـا ومـا نستطيع التعامل معه هو عالم من التفسير المجـرد، هذا ويُخطئ كـل من يظـن أن مـن مسؤولية الفيزيـاء تفسير (كيف) خُلقـت الطبيعـة، كل ما نستطيـع عمله وإدراكه لا يتعـدى وصفنا لها وما نستطيـع أن نقوله عنها لاغير)، وأخيرا دعنـي أنقل لك ما أورده الفيزيائـي النظري (جم الخليلي – ولـد في سبتمبر1962 – Jim Alkhalili) في كتابه: (الكـم – مرشد الحيـارى والتائهين) حيث قال: (حينما نتحدث عـن عالم (الكم) الغريب ونسـبر أغواره، سنجـد أنفسنا في عالم لا يمـت لعالمنا بصلة. في هذا العـالم الغريب ستُطلق لنـا حرية اختيار واحد من جملة تفاسير مطروحة لما نـراه ونراقبه كلها من الغرابة وصعوبة الإدراك بحيـث تجعل قصص الخيال العلمي والفضاء وإصدار الكائنات الفضائية لأصواتها الغريبة قابلة الفهم وسهلة الإدراك إذا ما قورنت بها!!).

أعـود لأستدرك – كـي لا أترك قارئي العزيز في حيرة – بأنه رغـم كل ما ذُكر فإن الكيان والأساس الرياضي الذي تستند عليه (ميكانيكا الكم) لمـن الدقة والتماسك مما يجعله قادرا – وبجدارة – على التنبؤ بكافة حالات وتصرفات الجسيمات الذرية وما دون الذرية بدقة لم يسبـق لها مثيل؛ ساندته في ذلك التجارب الفلكية ودراسة الظواهر النادرة في الكون وصار عونا للكثير من النظريات الحديثة (كنظرية الأوتار – String Theory) و (الكون المجسم – Holographic Theory) ومـا يحـدث داخل وعلى مشارف (الثقـوب السوداء – Black Holes) الأمر الذي دفع بفهمنا لأسرار الكون خطوة إلى الأمام وباعتدادنا بأنفسنا وإدراكنا لضآلتها في الوجود خطوات.

أين عاش مكتشفو القوانين ومبدعوها؟

لقد أدى التفاعل الحضاري والتلاقح الفكري فيما بين البلدان الأوربية – خلال عصر النهضة – إلى إذكاء ملكة الإبداع وتوسيع طرق التفكير المبتكرة وأساليب المراقبة المتطورة والتسجيل والعناية بدقة في رصد الظواهر الطبيعية. كما أدى إنشاء المراكز العلمية والأكاديميات المتخصصة والجامعات إلى دفع عجلة البحث والتقدم، لاسيما إنشاء أكاديمية لينسي (Accademia dei Lincei) والجمعية الملكية (Royal Society) وأكاديمية العلوم (Academie des Sciences) في كل من إيطاليا وبريطانيا وفرنسا على التوالي مما أنعش العلم وشق له فجراً جديداً هناك.

آياكارينو
Maurizio Iaccarino، (Science and Calture).
مقتطف من كتابه (العلم والحضارة).

بإمكاننا تصنيف قوانين هذا الكتاب حسب مسقط رأس كل مكتشف ومبدع وبلده مثل ما ترى في الجدول رقم (2) أو حسب البلد الذي عاش فيه و/أو اكتسب جنسيته، وهنا تبرز مواقع الريادة في المساهمة في ابتكار اكبر عدد من القوانين المكتشفة، تحتلها كل من ألمانيا وفرنسا وبريطانيا على التوالي.

الجدول رقم (2):

توزيع القوانين على بلاد منشئها					
البلد	عدد القوانين	نسبتها المئوية	البلد	عدد القوانين	نسبتها المئوية
ألمانيا	14	%31.11	إيطاليا	1	%2.22
فرنسا	12	%26.67	سويسرا	1	%02.22
بريطانيا	10	%22.22	أمريكا	1	%02.22
أيرلندا	2	%04.44	هنكاريا	1	%02.22
هولندا	2	%04.44	اليونان	1	%02.22

أما خصوصية أُوربا وقابلية إبداعها لهذا العدد الكبير من القوانين العلمية، فقد أسهب

مؤرخو العلوم في بيان أسبابها وتحليلها والتعليق عليها من أمثال (ريتشارد كوخ – Richerd Koch) و (كرس سمث – Chris Smith) مؤلفا كتاب (سقوط المنطق) والذي جاء فيه:– (يعود سبب التفوق الأوربي في العلوم خلال القرون الثالث عشر وحتى الخامس عشر، إلى حقيقة اجتماع أعداد من المبدعين والمفكرين من أبنائها حين خطفت أوربا صدارة التنوير في العلوم والتكنولوجيا، الأمر الذي احتاج منها إلى مئتي سنة تالية للنضوج والتبلور).

ثم انبرى إسحاق نيوتن في عام (1687) لتجسيد الفكرة القائلة بأن الكون العظيم الذي يلفنا لابد وأن يُحكم وينقاد إلى عدد محسوب من القوانين الفيزيائية والميكانيكية والرياضية مسترشدا ومقتفيا منار العلم الذي أوقده قبله كل من (**كوبر نيكوس**) و(**كبلر**) وغيرهما. رسّخت هذه الفكرة الثقة العظيمة بأنه لابد وأن ينقاد كل ما حولنا في الكون للمنطق، ولابد أن تخضع كل مشاهدةٍ للتفسير والسببية والتبرير على أسس واضحة مفهومة (علمية) كما لابد وأن تجتمع كل الشذرات والأحداث والملاحظات لتصنع كلا متكاملا معروف الأجزاء ثابت المواضع وأن العلم، والعلم وحده هو القادر على تطوير كل شيء!!

شرعت أوربا بكفكفة نوم القرون الوسطى عن عيونها وجاهد الكثير من أوائل رواد نهضتها آنذاك، حسب ما جاء به كتاب (كوخ وسمث)، على إعمال عقولهم ولملمة ملاحظاتهم حتى تمكنوا من ترسيخ الفكرة القائلة بأن كل ما لاحقهم من جهل وشعوذة وكل ما أحاط بهم من كهنوت وسحر وغموض لابد وأن يجد طريقه إلى الانجلاء والزوال وتخضع طلاسمه للتفسير، فالإله الواحد الأحد (سبحانه) الذي خلق قوانين الكون – والتي بدأت بل وترسخت تباشيرها وإنجازاتها – لابد وأنه قد جعلها قوانين منطقية ممكنة الفهم والإثبات رتيبة التطبيق والاستخدام طيعة للاختبار، شمولية التأثير متكاملة التأطير؛ فكتبا يقولان: (هناك شرط أساسي وخطوة لا مناص عنها للإدراك الفعلي الكامل لكافة مناحي العلم والتمكن من فهم كامل قوانينه، ألا وهي صدق الإيمان واليقين بالله الواحد (الأحد سبحانه) الموجد لكل شيء والقاهر على خلقه، والذي بناه كله بما فيه من البشر والشجر والحجر على أساس منطقي راسخ لا زيغ فيه). ولكنهما عابا على رجال دينهم تمسكهم

بمناقضة أنفسهم بدفاعهم عن (المسيحية) في ذلك الوقت، كونها فتحت بصائر الناس إلى الإيمان بواسطة العلم وإنكارهم لمذاهب الديانات الأخرى (والتي – اعتقدوا أنها – لم تكن لتملك الإسناد النظري لوجود خالق يتمتع بمطلق القوة والمنطق والجبروت) والتي تمسكت – حسب ظنهم هم وحدهم – بأن جوهر الكون وموجوداته ما هو إلا طلسم هائل وأحجية عظيمة ملؤهما الأسرار التي لا قبل لبني البشر على فهمها ولا توقع مآلها فضلا عن السيطرة عليها أو التعامل معها!!

لقد تعمق الفيلسوف والمصلح الكاثوليكي الشهير [توما الاقويني (1225-1274) Thomas Aquinas][1] بفلسفة القوانين التي تحكم الكون وتعمق بها إلى الدرجة التي قرر معها إصدار تصنيفه المعروف وتبويبه الشامل لكافة قوانين الطبيعة ونواميس الكون، والذي خصص فيه قوانين خاصة مخصوصة للخلود وأسراره، وثانية للطبيعة ومكوناتها، وثالثة للإنسان وأفعاله وحتى أُخر للشياطين ومآربها!!؟.

آمن الجم الغفير من العلماء المسيحيين بإمكانية المنطق على حل المعضلات الدينية فقد ذكر (جان وجك – Jan Wojcik) – مؤلف كتاب (روبرت بويل وحدود المنطق) محاولات رواد القرنين السابع عشر والثامن عشر على التقريب بين الدين والمنطق والعلم واستعمال الآخرين لتفسير ومحاولة الإجابة على الأسئلة اللاهوتية الملحة والتي كانت المسيحية، (ولاتزال) تزخر بها وتئن منها. فرغم اعترافهم بعدم أهلية وقدرة المنطق وحده على إماطة اللثام عن كل خوافي المسيحية ولا عن تفسير كل غموضها، إلا أنهم حاولوا ونجحوا في اعتباره عاملا مضافا وفعالا، وطريقة مفيدة لمساعدة (المصدّقين) في فهم تصرف ومحتوى ما تم اكتشافه من ظواهر وقوانين ولحد تلك الحقبة ؛ فكتب (وُجك) يقول: [عندما يصل المؤمن المسيحي إلى إدراك حقيقة بعض الظواهر التي تحيط به لأن الله (عز وجل سبحانه) قد أنار

(1) Thomas Aquinas (1225-7 March 1274): راهب وفيلسوف وأستاذ ولاهوتي من أتباع الكنيسة الرومانية الكاثوليكية في الدومينكان مركز البابوية المسيحية وسمي (بالطبيب أنجليكس) و (بالدكتور كومنيونس). أثر بفلسفته على الفكر الغربي على العموم حتى أن كثير من الفلسفة الأوربية الحديثة لا تعدو اليوم موافقة آراءه أو مناقضتها. (المترجم).

لـه بصيرته لإدراكها، فسيستطيع حينذاك تحليـل تلك (الآيات) فلسفيا كمحاولة منه لإدراك كيـف يمكن (للحقيقة) أن تكون (حقيقة) بالفعل. لقد ظهـر بالتجربة إمكانية لعب (المنطق والسببيـة) دورا مهماً في إقناع الملحدين بحقيقة المسيحيـة من خلال استعمالهما وبعقلانية لإثبات الإمكانية الفعلية المنطقية لوجود أو حدوث بعض غوامضها].

ولا يمكننا أن نظلم المسيحية هنا باعتبارها المحرك الوحيد والملهم الأبرز للكثير من مبدعي القوانـين في أوربا، فقد كان (**نيوتن**) على سبيل المثال متشربا حتى النخاع (بعلوم الخيمياء)[1] ومغمورا...، بـل ومغرما مخموراً بالتفكير السحري، إضافـة إلى اهتماماته الواسعة بقوانين الطبيعة وشغفه بالتجربة والتفسير المنطقي العقلاني للأحداث، وهنا يجب ألا يغيب عن بالنا ذكـر الفـترة الذهبية لازدهار العلـوم والفنون والرياضيات خلال حقبـة الخلافة العباسية في بغـداد (750 ب. م) كما يتحتم أن لا نغفـل التقـدم الهائـل والإرث العلمـي العظيـم الذي سعـى علمـاء العرب والمسلمـون على نشره في أوربا ومـده إلى آسيا الوسطى، كما يجب أن نعـرج على ذكر، ولا نغفل أهميـة الحضارة اليونانية التي أنجبت الكثير من العلماء والفلاسفة والمفكرين من أمثال (أرسطو – Aristotle) و (فيثاغورس – Pythagoras) وصولا إلى (أرخميدس – Archimedes).

كتـب (مايوريزيـو إكارينـو – Maurizio Iaccarino)، وهو عـالم مرموق في المعهد العالـمي لبحـوث الجينات والفيزياء الحيويـة التابع للمجلس الوطني للبحـوث في (نابلس – Naples)، إيطاليا في الدورية المعروفة باسم تقارير EMBO مقالا جاء فيـه:

((لقد ملك علماء العرب والمسلمون راية القيادة وتمكنوا من نواصي العلم خلال الفترة الممتدة ما بين القرنين الســابع والخامس عشر واسـتطاعـوا الاسـتيلاء علـى الإرث العلمي اليوناني والهندي والفارسـي والبناء على آثارهم. لقد سـاهم كل من العرب[2] والمسـلمين والفرس

(1) راجع معنى الكلمة المفصل في مدخل (اسحاق نيوتن) في صفحة (210) من هذا الكتاب.

(2) إنـه لمـن دواعي الأسف أن لا يتضمن كتاب ضخم نر ككتاب د. بكوفر هـذا – والذي نما له في قلبي ووجداني حب واحترام عظيسـان جـراء تقربي منه وملامسة شخصيته وأفكاره والتي لا أتوانى عن وصفه بالعبقـري كباقي رواد كتابه هذا – إلا ما مجموعه

والآسيويين والمسيحيين واليهود، وفي أثرهم الهنود والأتراك على نقل الحضارة والعلوم والمعرفة الإسلامية إلى الغرب وبذلك مهدوا الطريق للنهضة الأوربية ولثورتها العلمية)).

وختاما لابد وأن نسلط الضوء على الحقيقة المهمة الراسخة وهي أنه برغم الدور الإيجابي الفعال – للمسيحية – (كدين) في تقدم العلوم وبعثها للدافع الحقيقي لمبدعي قوانين هذا الكتاب والتي كانت الحافز الأول لهم لإنجاز ما أبدعوه، إلا أنه كان للكنيسة المسيحية (كمؤسسة) الأثر الضار والضال المدمر لهم والمثبط لعزائمهم في هذا المجال، فقد كتب (سام هارس – Sam Harris) وكله أسى وقنوط حول هذا الموضوع في كتابه (لغة الإقصاء) ما يلي:

((دعونا لا ننسى ما عاناه غاليليو – وهو أعظم علماء عصره – من ظلم وكمد وهو الذي أجبر على الجثي على ركبتيه – وهو الشيخ الجليل الطاعن في السن – طلبا لمغفرة الكنيسة تحت طائلة التعذيب والموت، فلقد أُخضع للتخلي عما توصل إليه من أن الأرض هي التي تدور حول الشمس وليس العكس، وأُجبر على التكفير عما اقترفه من فكر أزاحها عن قدسيتها كمركز لا بديل عنه للكون. لقد وُضع تحت الإقامة الجبرية والحبس في داره لما تبقى له من حياته تحت الحراسة المشددة نتيجة كيد المؤتمرين من مخبولي رجال الدين. عاش (غاليليو) ومات في حقبة سوداء مظلمة مثله كمثل كل المبدعين والمفكرين الأوربيين الذين خضعوا خلالها جميعا لنير الكنيسة ونالوا بطش

67 كلمة في 8 أسطر ضمن 3 جمل حول فضل علماء ونوابغ العرب والمسلمين في تقدم العلم واستفادة اوربا في نهضتها مما أبدعوه من اكتشافات وقوانين حملت أسماءهم هم بعد أن أغفلوا حق مبدعيها قبلهم والذين سبقوهم بمئات السنين. مما شوك حزني رياضيا فأثمر أرقاماً هي.

عدد كلمات الكتاب	حظ ذكر العرب والمسلمين منها	نسبتها للمجمل
234384	67	0.02%
عدد أسطر الكتاب		
19532	08	0.04%
عدد جمل الكتاب		
7812.8+	03	0.03%

ولا أعيب عليه ذلك فكثيراً ما ضاعت حقوق لا مناد بها وسقطت حصون لا مدافع عنها (المترجم).

رجـال دينها اللذين لم يكونوا ليتوانوا عن حرقهم أحياء لمجرد وصـمهم بالشـك حول معتقدات الكنيسة بطبيعة الكون وجوهر النجوم. تلك هي نفسها الكنيسة التي لم تطلق نفسـها من خطيئتها ولم تغسل يدها من غبائها وظلمها لوصم (غاليليو) بالهرطقة ولمدة (350) سنة حتى عام (1992)!.

لقد هبت الكثير من الرياح في الآفاق، وسارت الغزير من الأمواه في الجداول حتى ازدهر الاقتصـاد الأوربـي بُعيد عـام (1000) بعد الميـلاد، حين نمت وازدهـرت العديد من المدن والدويـلات الحرة والتي مهدت الطريـق بدورها إلى ازدهار بعض الصناعات المتواضعة فيها ونمو شيء من العلوم المصاحبة لها.

متى سيُكتشف القانون الأخير في الكون؟!

النهاية... (طفل) يلهو بلعبة ما.[1]

هيراكليتس- Heraclitus (475- 353 B.C).

لقد بدأ الظلام بالتسلل إلى مفاصل الايمان (الغربي) بمنطقية الوجود، لافاً إياه بردائه الأسود الكالح حتى خبا نوره أو كاد، بعد أن أفل نجم الكون المنطقي المتماسك (البسيط) كما تصوره نيوتن في نظرياته وقوانينه، وسار في طريقه إلى الإهمال فاسحا الطريق واسعا أمام نظريات الفيزياء الحديثة والتي سطع نورها وعلا صوتها بالمناداة بوهن قوي العلم وعبثيته وعدم جدية قدرته على فهم ما حوله من ظواهر فضلا على إفهامنا إياها، وما ينجرّ عن ذلك بالتأكيد من عدم حتمية الوجود وبإطلاق الشك من عقاله وتفعيل تغلغله في كل دقائقه. لقد كان في ظهور نظرية الكم (Quautum Theory) أهمية كبيرة وسبب وجيه (ضمن أسباب أخرى) منعت أو على الأقل أجّلتْ بشكل فعال إسناد أسماء الكثير من القوانين التي تم اكتشافها في القرن العشرين إلى أسماء مكتشفيها أسوة بما كان عليه الحال في القرنين اللذين سبقاه. ومن بين الأسباب الكثيرة التي أدت إلى ذلك زيادة صعوبة استنباط وتصميم وتفعيل الكثير من التجارب العلمية اللازمة لدعم وجود وصحة العديد من الجديد منها. وقد أكّد الفيزيائي (ستيفن وينبرك - Stephen Weinberg) الحائز على جائزة نوبل، في اجتماع عام أمام المجمع العلمي الملكي هذا التحدي حينما صرح باستحالة إمكانية العلم والعلماء على تصميم أي تجربة علمية لإثبات ظاهرة الجاذبية الكمية (Quautum Gravity)[2] فضلا عن تطبيقها! ولأوضح ذلك علي الاعتراف بأن الفيزياء

(1) الداما - Dama- في أصل النص. checkers(المترجم).

(2) Quautum Gravity: هو حقل الفيزياء النظرية المنوط إليه مهمة دمج (ميكانيكا الكم) مع (النسبية العامة) بصورة منطقية رياضية قابلة للصمود نظريا وعمليا. أي عليها يقع عبء إيجاد القاسم المشترك للتوحيد بينهما. وتتجلى صعوبة ذلك بضرورة تصميم وتنفيذ تجربة بين قيمتين تفصل بينهما 53 وحدة أسية. (المترجم).

في تقدمها المطرد ستجد (إن لم تكن قد وجدت نفسها فعلا الآن) سائرة إلى حقبة سيصبح من الصعب جدا فيها الإجابة على استئلتها الجوهرية بتجارب ملموسة، الأمر الذي سيُثقل ميزان الشك في كل أعمالنا التالية ويُسلمنا إلى أحضان موقف لن نُحسد عليه أبداً!!

أود هنا ختاما أن اطرح السؤال التالي على أعزائي القراء المتحمسين: هل تعتقد أن بإمكان العالم والعلماء امتلاك ناصية كل القوانين الطبيعية والتحكم بها في أيديهم ضمن الخمسين سنة القادمة؟ أنا شخصيا لا أعتقد ذلك، وأؤمن أشد الإيمان بأن هنالك في الكون، وحتى هنا على الأرض لابد وأن تظل فسحة من العلم غامضة، مستعصية علينا سنعمل دائما لاكتشافها ؛ تماما كالمتسلق لمجموعة من جبال متراكبة، كلما نظر عاليا رأى القمة وكلما وصلها وجد عندها بداية لسفح تسلق لقمة جديدة أمامه، وهكذا...

كوّن إسحق أسيموف [Issac Asimov (Jan، 2،1920 -April 6، 1992)][1] وآمن جازما بفكرة حيازة المعرفة العلمية على المفهوم التجازئي (Fractal Knowledge)، بمعنى حيازة الجزء الصغير منها على كامل صفات الجزء الأصلي الذي اقتُطِعت منه، وحيازة الأجزاء الأصغر فالأصغر لذات صفات الأجزاء التي تكبرها وهكذا إلى مالا نهاية. وبتوصيف أدق يمكننا القول بأنه مهما تعلمنا وتوسعت مداركنا للعلم والمعرفة، ومهما كان ما بقي منها (باعتقادنا) تافها وضئيلا فإنه وعند التمحيص والتدقيق سيظهر لنا غامضا معقدا يستحق إعادة التقييم وعناء البحث كالسابق، وهذا باعتقادي هو سر وجود الكون[2].

أما ستيفن هاوكنج (Stephen Hawking) فقد صرح بيقينه بأن البحث عن القانون الأخير في الكون لابد وأن يتوقف بعد أن يؤتي ثماره، فلقد ذكر في كتابيه الشهيرين: (ملخص تاريخ الزمن) و (الثقوب السوداء والأكوان الفتية) بأن الكثير من العلماء في

(1) Issac Asimov - بروفسور الكيمياء الحياتية روسي الأصل أمريكي الجنسية. اشتهر كأحد عمالقة جيل كتّاب الخيال العلمي الحديث، فقد نشر أكثر من (550) كتابا و (9000) رسالة وبطاقة بريدية. من أروع كتبه التي قرأتها له (الآلهة أنفسهم - The Gods Themselves) المترجم.

(2) (وما أوتيتم من العلم إلا قليلاً) القرآن الكريم: سورة: الإسراء الآية (85).

أوائــل القرن العشرين كانوا قـاب قوسين أو أدنـى مـن اليقـين بإمكانيـة تفسير كامل صفات الكون وفهمه بكامــل قوانينه وموجوداته من خلال (المواصفــات غير المحــددة) للمــواد كخــواص- المطاوعة للمعـادن وظاهــرة التوصيــل الحــراري للمـواد الموصلــة، ولكــن طمـست تلك الآمال بالإعلان عن اكتشاف الجسيمات ما دون الذرية ومبدأ الشك لهيزنـبرك (Heisenberg Uncertinity Principle)، ونقل هذان الإنجازان البشرية معهما إلى المرحلة اللاحقة من التفكير والفهم الفيزيائي العلمي.

كان إعــلان العالم الفيزيائي [ماكس بورن (1970–1882) Max Born] والحائز على (جائـزة نوبل) أمــام زوار جامعة (كوتنكـن – Gottingen) عــام 1928، البادرة الأولى لذلـك حينمــا صرح بأن (كامل الفيزيــاء التي تعرفونها ستنهار وستـزول في غضون الأشهر الست القادمة!!).

استنــد (بورن) في تصريحه المدوي ذاك على إعلان الفيزيائي النظري البريطاني [بول ديراك (1984–1902) Paul Dirac] عــن معادلته المهمة والحاملة لاسمه والتي تؤسس لتفسير تصرفات الإلكترون بمنظور ثوري جديد.

فســر (هاوكنـج) مصدر ثقة (بـورن) بتصريحاته ومقدار (الحمق) الذي انطـوت عليه في كتابه (الثقــوب الســوداء والكون الفتــي) حينما قال: **(لقد كان من المتوقع أن يتوصــل العالم إلى اكتشــاف نظرية مماثلة لنظرية (ديراك) الخاصة بالإلكترون والتي افترض أنها ستتمكن من تفسير صفات وتصرفات البروتون، وهو الجسـيم مــا دون الذري الوحيد الذي تم اكتشــافه إلى حد ذلك الوقـت. ولكن ما قلب السحر على الساحر هو اكتشاف النيوترون، والقوى ما دون الذرية التي افترضت مسؤوليتها عن إبقاء تماسـك أنوية الـذرات رغم قوى النفر التي تولدها الشـحنات الموجبة المتماثلة للبروتونات المرصوصـة داخلها، الأمر الذي أشاع خيبة أمل عارمة بين الجميع، ولكن رغم كل ما سبق تجدني متفائلا جدا وأعتقد شخصيا بموجب ما توصلنا إليه من فتوحات وإنجازات علمية مهمة وتقدم ولحد اليوم، بأننا بدأنا نقف الآن على أرض (غير هشة) تتيح لنا فرص التفاؤل الحذر بشأن توقع الوصول إلى النظرية الكاملة خلال مدى حياة بعض الذين يتصفحون هذا الكتاب الآن).**

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

REFERENCES

Al-Khalili, Jim, *Quantum, A Guide for the Perplexed* (London: Weidenfeld & Nicolson, 2004).

Arons, Arnold, *Development of Concepts of Physics* (Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1965).

Asimov, Isaac, *I. Asimov: A Memoir* (New York: Bantam, 1995).

Atiyah, Michael, "Pulling the Strings," *Nature*, 438: 1081–1082, December 22, 2005.

Berlin, Leslie, *The Man Behind the Microchip* (New York: Oxford University Press, 2005).

Blank, Brian, "*The Road to Reality: A Complete Guide to the Laws of the Universe*" [book review], *Notices of the American Mathematical Society*, 53(6): 661–666, June/July 2006.

Bothamley, Jennifer, *Dictionary of Theories* (Washington, D.C.: Gale Research International Ltd, 1993).

Brewster, David, *More Worlds Than One* (London: John Murray, 1854).

Brockman, John, *What We Believe but Cannot Prove: Today's Leading Thinkers on Science in the Age of Certainty* (New York: Harper Perennial, 2006).

Casti, John, *Paradigms Lost* (New York: William Morrow & Company, 1989).

Dizikes, Peter, "Twilight of the Idols," *New York Times Book Review*, Section 7, p. 31, November 5, 2006.

Durbin, Paul, *Dictionary of Concepts in the Philosophy of Science* (New York: Greenwood Press, 1988).

Feynman, Richard, *The Character of Physical Law* (New York: Modern Library, 1994).

Gardner, Martin, *Order and Surprise* (Amherst, N.Y.: Prometheus Books, 1985); reprints Gardner's 1950 essay "Order and Surprise."

Gardner, Martin, "Interview with Martin Gardner," *Notices of the American Mathematical Society*, 52(6): 602–611, June/July 2005.

Gleick, James, *Genius: The Life and Science of Richard Feynman* (New York: Vintage, 1992).

Guillen, Michael, *Five Equations That Changed the World* (New York: Hyperion, 1995).

Halliday, David, and Robert Resnick, *Physics* (New York: John Wiley & Sons, 1966).

Hardy, G. H., *A Mathematician's Apology* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1940).

Harris, Sam, "The Language of Ignorance," *Truthdig*, August 15, 2006; see www.truthdig.com/report/item/20060815 sam harris language ignorance/.

Hawking, Stephen, *A Brief History of Time* (New York: Bantam, 1988).

Hawking, Stephen, *Black Holes and Baby Universes* (New York: Bantam, 1993).

Hawking, Stephen, and Roger Penrose, *The Nature of Space and Time* (Princeton, N.J.: Princeton University Press, 2000).

Holt, Jim, "Mistaken Identity Theory: Why Scientists Always Pick the Wrong Man," *Lingua Franca Online*, 10(2) March 2000; see linguafranca.mirror theinfo org/0003/hypo.html; this article discusses Stigler's Law of Eponymy.

Hume, David, *An Enquiry Concerning Human Understanding*, edited by Tom L. Beauchamp (New York: Oxford University Press, 1999).

Iaccarino, Maurizio, "Science and Culture," *EMBO Reports*, 4(3): 220-223, 2003.

Jennings, Byron K., "On the Nature of Science," July 27, 2006; see xxx.lanl.gov/abs/physics/0607241.

Joule, James, "Remarks on God," 1873. (These are notes from an address Joule was to deliver at a meeting as president of the British Association for the Advancement of Science. Joule never delivered the address due to poor health. The quotation can be found in J. G. Crowther, *British Scientists of the 19th Century* [London: K. Paul, Trench, Trubner & Co., Ltd., 1935], pp. 138-140.)

Kaku, Michio, "Parallel Universes, the Matrix, and Superintelligence"; see www.kurzweilai.net/meme/frame.html?main=/articles/art0585.html.

Kepler, Johannes, *Conversation with Galileo's Sidereal Messenger*, translated by Edward Rosen, (New York: Johnson Reprint Corp., 1965).

Koch, Richard, and Chris Smith, "The Fall of Reason," *New Scientist*, 190(2557): 25, June 24, 2006.

Krauss, Lawrence, *Fear of Physics* (New York: Basic Books, 1993).

Krebs, Robert, *Scientific Laws, Principles, and Theories* (Westport, Conn.: Greenwood Press, 2001).

Nuland, Sherwin, "The Man or the Moment?" *The American Scholar*, 73: 129-132, 2004; reprinted in *The Best American Science and Nature Writing 2005*, Tim Folger, editor (Boston: Houghton Mifflin, 2005).

Pickover, Clifford, *The Loom of God* (New York: Plenum, 1997).

Pickover, Clifford, *The Möbius Strip* (New York: Thunder's Mouth Press, 2006).

Pickover, Clifford, *A Passion for Mathematics* (Hoboken, N.J.: Wiley, 2005).

Pickover, Clifford, *Strange Brains and Genius* (New York: Quill, 1999).

Penrose, Roger, "What Is Reality?" *New Scientist*, 192(2578): 39, November 18, 2006.

Popper, Karl, *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge* (London: Routledge, 1963).

Quincey, Paul, "Why Quantum Mechanics Is Not So Weird after All," *Skeptical Inquirer*, 30(4): 39–43, July/August 2006.

Rothstein, Edward, "Reason and Faith, Eternally Bound," *New York Times*, Section B, p. 7, December 20, 2003.

Stenger, Victor, "A Scenario for a Natural Origin of Our Universe," *Philo* 9(2): 93-102, 2006.

Stokes, George, *Natural Theology* (London: Adams and Charles Black, 1891).

Tegmark, Max, "Max Tegmark Forecasts the Future," *New Scientist*, 192(2578): 37, November 18, 2006.

Trefil, James, *The Nature of Science* (New York: Houghton Mifflin Company, 2003).

Wojcik, Jan, *Robert Boyle and the Limits of Reason* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 2002).

آراء فلسفية وأفكار للمناقشة:

إذا ما تساءلنا عن أدق (لغة) توصل إليها الإنسان وأكثرها مصداقية وبعدا عن المتشابه والمتماثل والبديل والاحتمال... ما هي؟ فسيأتيك الجواب سريعا من الملايين الذين يتقنوها: إنها لغة (الرياضيات)!! نعم فأرقامها ومعادلاتها جواهر من (الحكمة)؛ لا تنطق إلا الحق ولا تحيد عن الدقة، وفي المثقال منها قنطار من المعرفة... أضف إلى ذلك أنها تماما كالحكمة التي تساعدنا على سبر أغوار أنفسنا لفهمها، فالرياضيات برموزها ومعادلاتها تفتح آفاق أفكارنا إلى ما يتعداها.

غيولن

Michael Guillen، (Five Equations That Changed the Word).

مقتطف من كتابه (المعادلات الخمس اللاتي غيرنّ العالم).

هل هناك من أي سبب وجيه نسوقه، أو أي شيء من منطق سليم نعتمده، لنجزم بأن على كافة قوانين الطبيعة ونواميسها أن تكون ضمن قدرة استيعاب الذهن البشري؟! أو أن تكون هذه القوانين وتلك النواميس ضمن مقدورنا البحثي وفي نطاق حساباتنا وضمن نتائج توقعاتنا وتجاربنا في حدود مقادير الطاقة والحرارة المتواضعة [اللازمة الثبوت والاستقرار على الكواكب المأهولة بالبشر كأرضنا هذه التي نعيش عليها]؟!... إذا نظرنا – بعين عقلنا – أعمق... إلى صلب جوهر الحقيقة فلابد لنا أن نتوقع وجود نتائج ودلالات تكون أعمق من إدراكنا وتفوق الحد الأقصى لما يمكن لنا فعلا – كبشر – استيعابه. في ذروة الحكمة، علينا الاستنتاج بأن كامل كم الكون بما فيه وبمن فيه يمكنه التعبير عن نفسه خيرا بكثير مما نتعكز عليه نحن مما بين أيدينا من شذرات قوانين أو ما يمكننا إدراكه وفهمه من ضئيل معرفة.

بارو

John Barrow، (Boundaries and Barriers، On the Limits – of Scientific Knowledge)

مقتطف من كتابه (الحدود والموانع؛ مدى المعارف العلمية).

إذا ما فتحنا كتب الأساطير وقرأناها، وجمعنا صحف الأخبار ونشرناها... فلن نجد مغامرة أغرب، ولا فكرة أقدم من محاولة فهم الكون ؛ كيف يعمل؟ من أين أتى؟ وما مآله؟... ألا تتفق معي على صعوبة تقبّل وهضم فكرة، بل واستحالة استيعاب نجاح محاولة حفنة من ساكني أحد الكواكب المغمورة والدائرة حول نجم

مهين في مجرة متواضعة فهم كل ما في الكون الفسيح المترامي؟! أتستطيع أن تتصور معي صعوبة تمكن وإصرار نتفة ضئيلة من مكونات هذا الكون المترامي الفسيح على فهمه بأكمله؟!

جل مان

Marray Gell – Mann، in John Boslough's. (Stephen Hawking's Universe)

مقتطف من كتاب بوز لو (الكون الذي تصوره ستيفن هاوكنج).

مارس العلماء الكثير من المراوغة في استعمالهم لكلمة (قانـون)، ولعله كان من الأكثر لياقة لو أنهم استعملوا كلمة (تأثير) لوصف الحدث الذي أمكن تأكيده و معاودته بنجاح لألف مرة ومرة مثلا... ولنال العلم خيرا كثيرا لو أنهم استعملوا كلمة (مبدأ) لذاك الذي أمكن تأكيده ومعاودته بنجاح لمليون مرة مثلا. وكان من الأجدر بهم ولبلغوا ذروة الحكمة لو أنهم احتفظوا بكلمة (قانون) وقننوا إطلاقها إلا على الحدث الذي أمكن تأكيده ومعاودته لعشرة ملايين مرة... أما إذا سألتني: ولم لم يتم ذلك؟ لأجبتك بأن استخدام العلماء والعامة للمصطلحات العلمية السابقة لم يكن يوما نابعا من ثقتهم بمصداقية هذا (التأثير) أو ذلك (المبدأ) أو ذاك (القانون)... ولا من إيمانهم بهذه الظاهرة أو تلك. لقد تمت التسمية بناء على متطلبات وسوابق تاريخية ليس إلا..!

تريفل

James Trefil، (The Nature of Science)

من كتابه (طبيعة العلم)

إن العالم عبارة عن رقعة شطرنج، وظواهر الكون أحجاره، أما (القوانين) الفيزيائية وغيرها فهي أسس اللعبة.

هكسلي

Thoas Huxley، (A Libral Education) in Auto – biogrophy and Selected Essays.

مقتطف من سيرته الذاتية ومقالات منتخبة (التعلُّم الذاتي الحُر).

لقد بدأ العلم حقا يوم كان علماؤه بعيدين عنه أغراب عليه! لقد قَدّ أولئك العظام طريقهم في الصخر وحيدين صابرين لا مُعين لهم ولا ممول، اللهم إلا أنفسهم والنزر اليسير من مؤيديهم. أجروا تجاربهم في دورهم واستعملوا مختبرات وآلات صنعوها بأيديهم وأجابوا على أسئلتهم وعما طُمس عنهم بأنفسهم. لقد سلك ذاك الطريق الشاق الغريب الطويل كل العباقرة من نيكولاس كوبر نيوكوس (Nicolaus

(Copernicus) حتى شارل دارون (Charles Darwin) ونجحوا في ذلك – أيما نجاح – رغم الصعوبات، إلى الدرجة التي لا يمكننا تخيل وجود العلم الحديث لولاهم.

والآن ألا توافق معي بأن ما سلكوه من سبل غريبة لتحقيق إنجازاتهم، وما عمدو إلى استخدامه من طرق بدائية معزولة لتعميد اكتشافاتهم كانت ستشكل القاصم الأكبر لظهر العلم الحديث (والذي لا يقبل بغير تأصيل المراجع وتقنين الأساليب ونبذ الغريب ديدنا له)، لو عمد علماء اليوم لاتباعها؟!

المحررون

Editors of New Scientist، (It Pays to Keep a Little – Craziness)، New Scientist، December 9، 2006

- لمجلة (نيوسينتست) في مقالتهم (ستفوز إذا احتفظت بشيء من جنونك).

لقد فسر الكاتب الأمريكي الساخر (مارك توين – Mark Twain) تزامن التوصل إلى العديد من الاكتشافات والاختراعات والإنجازات العلمية المتطابقة والمتماثلة من قبل أناس عاشوا في أماكن مختلفة وخلال حقب زمنية متباينة بقوله:

إذا اتفقت معي بأن عليك الضحك في الوقت الملائم للضحك، فلابد لك أن تتفق معي أيضا بأنه عليك (التبخُّر) في زمن القوارب البخارية!!.

Automobile Magazine، September، 2006

مجلة السيارات، سبتمبر (أيلول) 2006

– لقد شجع (الإسلام) العلم فازدهرت العلوم في الفترة الذهبية لازدهار دولته، وآمنت المسيحية (الكاثوليكية) بإمكانية حدوث المعجزات، كما آمنت بالقوى فوق الطبيعية. أما تعريف المعجزة في صميمها فهي قابليتها على خرق المألوف الطبيعي المتمثل بعالم متوازن، لولاه لما عرفناها أصلا.

وودز

Thomas E.Woods، Jr.(How the Catholic Church – Built Western Cirilization)

مقتطف من كتابه (كيف أقامت الكنيسة الكاثوليكية دعائم الحضارة الغربية)

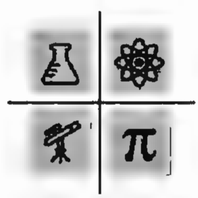
– تفوق (غاليليو) على (كوبر نيكوس) بإسقاطه لفكرة مركزية الشمس للكون، فاتسع أفق الفكر

البشـري وانطلـق (كان كوبر نيكوس قد أسـقط فكرة مركزيـة الأرض للكون التي نادت بها الكنيسـة وتشبثت بها لقرون). ولم يتوصل إلى علم رجال الكنسية بأن (المارق) واضع أسس أسقاط قدسية الأرض وإزاحتها عن مركزية الكون هو (كوبر نيكوس)، إلا في أوقات متأخرة جدا إلى الدرجة التي دفعت أحد الأسـاقفة الطليان إلى المناداة والإصرار على حبس (كوبرنيكوس) هذا والتنكيل به!! إلى أن أُسـقط بيده فشلاً، وفغر فاه عجباً من هول المفاجأة حينما وصل إلى علمه أن غريمه كان قد وُوري الثرى منذ ما ينيف على السبعين عاما!.

ديفس

James C. Davis: The Human Story

مقتطف من كتابه (قصة البشرية)



الباب الثاني

الفصل الأول

250 B. C. _ **1700** A. D.

...تؤهلنا خبرتنا المتراكمة -ولحد الآن- إلى الركون للاستنتاج المقنع الذي مفاده إمكانية اختصار الطبيعة بكاملها من حولنا، والتعبير عنها بمفاهيمنا الرياضية البسيطة، وأنا شخصياً على يقين تام بإمكانية توصلنا، وتثبتنا من مصداقية كافة القوانين التي تربط تلك المفاهيم مع حقيقة هذه الطبيعة (أو الكون) بكامل أبعادها الفيزيائية الملموسة عن طريق (الرياضيات) و(الرياضيات المجردة) فحسب، بمعنى أنها ستؤهلنا لفهم وإدراك كافة ظواهر الكون والطبيعة. وهنا أعود لأثني على وأتفق مع المنظور التاريخي القديم ومع الفكرة (الحلم) التي أطنبت جذورها في التاريخ والتي مفادها إمكانية إدراك الحقيقة المطلقة عن طريق التفكير والتفكير المجرد فحسب.

(أينشتين)

Albert Einstein، (on the Methods of Theoretical Physics)، 1933

مقتطف من كتابه (حول طرق وأساليب الفيزياء النظرية) لعام 1933م.

.. ولعلك لا تدري كم من الغرائب قد رأى غيرك وكم سترى، ولكن لن يستغرب أحد ولن يعجب أشد من إعجابه بحدوث أغربها على الملأ، وأقصد بذلك عجيبة العجائب وذروة الفرائد، تلك هي معجزة انقياد (الرياضيات)، وتسليم راية إيجادها وفخر إدراكها وسرمد مجدها إلى أحد الأجناس ونوع من المخلوقات شديدة القرب من، والشبيهة بـ.. القرد!

(بل)

Eric T.Bell، The Development of Mathematics.

مقتطف من كتابه (تطور الرياضيات).

إن من الجمال المقلق واليقين المحير حقيقة ابتعاد كامل الرياضيات عن الدقة واليقين كلما اقتربت من إدراك (الحقيقة)، وحقيقة ابتعادها عن (الحقيقة) ذاتها كلما ازدادت دقة ويقيناً.

(أينشتين)

Albert Einstein، (Geometry and Experience)، Address to the Prussian Academy of Sciences.1921

من كلمة له بعنوان (الهندسة والخبرة) توجه بها إلى الأكاديمية البروسية للعلوم، عام 1921م.

لعل من نافلة القول ومن مسلمات الحقيقة بأبسط مفرداتها إدراكنا العميق بأن كل ما قام وما سيقوم (العلم) برسمه للطبيعة من حولنا من صور، لم ولن تكون إلا صوراً بمنظور رياضي.

ومن هنا يتضح لنا مدى صعوبة واستحالة التسليم إلا بتطابق واقع الطبيعة بكاملها مع إدراكنا الحسي الرياضي أنهما يستمدان روحيهما من مشكاة واحدة.

(جينز)

Sir. James، The Mysterious Universe.

من كتابه (الكون الغامض)

آن للذهن المتصر أن يحتفل جَذَلاً، وآن للفكر النير أن يرقص طرباً، فقد تم اكتشاف الجل الأعظم من القوانين الأساسية التي تحكم الحقائق العلمية الفيزيائية في الكون.

لقد غدا واقعاً، وحتى احتمال التوصل إلى اكتشاف المزيد منها مُراداً تزداد صعوبة إدراكه زيادة توشك أن تبلغ حد الاستحالة مع مرور الزمن.

(مايكلسن)

Albert Michelson، 1894 dedication Address، Ryerson Physical Laboratory، University of Chicago.

مقتطف من ورقته أمام مختبرات (بيرسون) الفيزيائية في جامعة شيكاغو

مبدأ الطفو لأرخميدس

ARCHIMEDE'S PRINCIPLE OF BOUYANCY

سنة 250 قبل الميلاد في مدينة سيراكس في صقلية الإغريقية (Syracuse، Sicily).

محاور ذوات علاقة:

يوهانز كبلر (JOHANNES KEPLER) و غاليليو غاليلي (GALILEOGALILEI)

من الأحداث التي جرت في الوقت المقارب لاكتشاف أرخميدس لمبدأ الطفو:

- شُرع بكتابه النص الإغريقي للتوراة.
- غزت أقوام (La Tere) بريطانيا.
- بُني أول سجن روماني عرف باسم توليانم (Tullianum).
- ولد القائد القرطاجني الشهير هانيبال (Hannibal).

نص القانون وشرحه:

تساوي قوة الطفو العمودية المسلطة على أي جسم مغمور في سائل من الأسفل إلى الأعلى وزن سائله المزاح.

تخيل ببساطة أنك تحاول زنة (جزرة) وهي مغمورة داخل حوض من الماء، فإذا ربطتها بخيط إلى ميزان مدرج بنابض وقرات وزنها فإنه سيكون داخل الماء أقل منه عندما تكون خارجه. يعود سبب ذلك إلى أن القوة العمودية التي يُسلطها السائل من الأسفل إلى الأعلى على الجسم المغمور فيه تساعد على رفعه قليلا إلى الأعلى فيقل وزنه المسجل بواسطة نابض القبان الذي عُلّق به.

يظهر تأثير هذه القوة المسلطة على الجسم المغمور من قبل السائل إذا ما استعملنا مواد ذوات كثافة متدنية كالفلين مثلا، فالقوة المسلطة عليه من الأسفل إلى الأعلى ستكون كافية لرفع كامل وزنه فيطفو رغم انغماره جزئيا في الماء. تسمى القوة المسلطة من قبل الماء على الفلينة (بقوة الطفو) وتفوق وزنه في هذه الحالة فيطفو، وتعتمد هذه القوة على عاملي كثافة السائل وحجم الجسم المغمور ولا تعتمد لا على شكل الجسم المغمور ولا على كثافته).

ففي تجربتنا السابقة لا يهم إن كان شكل الجزرة المغمورة كرويا أم مكعبا كما لا يهم إن كان حجـم المادة المغمورة سنتيمترا مكعبا واحـدا من الجزر أم من الخشب أم من الفلين، فحسب مبـدأ أرخميدس فـإن قوة الطفو الدافعة لأي جسم من الأسفل إلى الأعلى ستعتمد على وزن السائل المزاح والذي يعتمد بدوره على حجم الجسم المغمور بغض النظر عن كثافته.

يعبر عما سبق رياضيا بالمعادلة التالية:

$$B = W_f$$

حيث يمثل (B) قوة الطفو و (W_f) وزن السائل المزاح، ويمكننا إعادة تمثيل ما سبق بتصور قطعة صغيرة من معدن (الرصاص)، غُمرت في إناء. فاق وزنها وزن حجم الماء الذي أزاحته فغطسـت، وعلى العكس يفـوق وزن الماء المزاح من قبل قارب التجديف وزنه فيطفو. يُفسر (مبدأ أرخميدس) هذا حيثيات الطفو ويُعتبر أساسا لقوانين السوائل الساكنة.

ويمكننا أيضا إعادة صياغته بشكل آخر ولكن بنفس المعنى وكما يلي:

$$B = \rho_{liquid} G V_{solid}$$

حيث تمثل (ρ_{liquid}) كثافـة السائل و (G) هـو ثابـت تعجيـل الجـذب الأرضي و (V_{solid}) و (ρ_{liquid}) هو حجم المادة المغمورة. ولا يهم إن كان انغمار الجسم كليا أم جزئيا، فحجم السائل المزاح يساوي دائما حجم جزء الجسم المغمور منه صغر أم كبر.

تفسـر هذه الظاهرة بالاستنـاد إلى حقيقة أن ضغط حجم السائل المزاح المسلط من الأسفل إلى الأعلى قد يفوق أو يقل عن وزن الجسم المغمور فيه، فإذا قل (بمعنى أن كثافته أقل من كثافة الجسم) كما في حالة (الجزرة) فإنها ستغطس، وإذا زاد (بمعنى أن كثافته أكثر من كثافة الجسم) كما في حالة (الفلينة) فإنها ستطفو، وفي كل الأحوال لابد من بروز جزء من الجسم المغمور في المـاء فوقه ليسـاوي وزنه وزن السائل المزاح... وعليه تُخلـي الغواصات جزءاً من مخازن مائها فيقل وزنها فتطفوا عندما تُزيح من ماء البحر ما يساوي وزنها تماما.

تزيح الغواصة الطافية على سطح البحر من مائه ما يساوي وزنها بالضبط، بعبارة أدق فإن وزن مقـدار ماء البحر المزاح اللذي يحل جسم الغواصة محلـه لابد وأن يساوي وزن المعدن

الذي صنعت منه مضافا إليه وزن ملاحيها وكامل حمولتها من مؤن وهواء وذخيرة.

ينطبق ذلك تماما على الحيوان المنقرض المسمى (بلزيوسارس)[1]، فوزن الماء المزاح من قبل المخلـوق الطافي لابـد وأن يساوي وزنه تمامـا، ومن المثير أن نذكـر أن الحفريات المتحجرة لهـذا الكائن قد أثبتت وجود بعض (الأحجار) داخل معدته الأمر الذي يمكن تفسيره علميا بحاجته إليها لغرض موازنة وزنه مع وزن ماء البحر الذي يزيحه في حالتي طفوه وغطسه.

يغطس قارب التجديف في المـاء إلى الحد الذي يبلغ وزن الماء الـذي يزيحه وزنه الأصلي فيطفـو، وتُعرّف قوة الطفو بأنها القوة الرافعة للجسم من أسفل إلى أعلى والتي تمر عبر مركز ثقلـه والذي يعتمد على مركز ثقـل الماء المزاح أيضا وهنا يكمن سر توازن واستقرار القوارب والسفن حيث لابد وأن يتجانس مركز ثقلها مع مركز ثقل قوة الطفو الدافعة لها من الأسفل إلى الأعلى.

قد يساورنا بعض الشك من حقيقة أن الأجسام المتساوية في أحجامها لابد وأن تزيح نفس الكميـة مـن أي سائل تُغمر فيه بغض النظر عن كثافاتها... ؛ لا داعي لذلك، لأنها الحقيقة!! فإذا غمرنا ثلاثة مكعبات متساويـة الحجـم من الفلين والألمنيـوم والرصـاص فـي حوض مـاء فلابـد للثلاثة أن تزيح عين الكمية من مائه (بغض النظر عن المادة المصنوعة منها)، وهنا لابد لقوة الطفو المسلطة على الثلاثة (من الأسفل إلى الأعلى) أن تكون متساوية، ولابد لنا أن نذكِّر بأن رد فعل المواد الثلاثة لفعل انغمارها في الماء سيكون مختلفا. بمعنى أن مكعب الفلين سيقفز طافيا على سطح الماء وسيغطس مكعب الألمنيوم ويفعل فعله مكعب الرصاص ولكن بسرعة أكبر ويعود سبب ذلك إلى اختلاف نسبة قوة طفو كل جسم إلى وزنه.

وهنـاك العديد من التطبيقات العملية لمبدأ أرخميدس نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر استعماله لمعرفة قوة ضغط سائل كدالة لعمقه.

(1) Plesiosaurs: حيـوان مفترس بحـري منقرض يُشبَّه مجازا بكونـه (أفعى طويلة داخـل درع سلحفاة!) ينتمـي إلى فصيلة الزواحـف بعنـق وذيل طويلين وبطن منتفخة غير محاطة بدرع. عاش خلال فترة وجـود الديناصورات ولا ينتمي إليها ويمتاز بنوعيه طويل وقصير العنق (المترجم).

للفضوليين فقط:

- لقد أوحى شخص (أرخميدس) وإنجازاته الفذة إلى [صوفي جرمين (Sophie Germain (1776-1831] لاختيار خط اختصاصها في الحياة حتى أصبحت أعظم رياضية في العالم على الإطلاق. وتعود قصة ذلك إلى اطلاعها وقراءتها - ولما تتجاوز الثالثة عشرة من عمرها - لقصة مقتله أثناء حله لبعض المسائل الرياضية، أثرتْ تلك القصة تأثيرا بالغا عليها فقررت أن تختص في المادة التي أحبها (أرخميدس) وهي الرياضيات. عارض والداها فكرتها بشدة إلى الحد الذي ألجأها إلى الاختباء تحت الأغطية لتتمكن من قراءة أعمال (نيوتن) سرا والاستمتاع بإبداعات الرياضي (ليونهارد يولر - Leonhard Euler)[1].

- كثيرا ما داعب أرخميدس زملاءه بانتكاره لمسائل رياضية ونظريات غامضة أو مغلوطة لغرض الإيقاع بهم وبلبلة أفكارهم (وذلك للانتقام منهم لسرقتهم لأفكاره).

من أقوال العظماء:

- أعطني موضع قدم ثابت وسأزحزح لك الأرض!

أرخميدس: عند اكتشافه لأسس (Archimedes) ومبادئ العتلات كما ذكر ذلك (Poppus of Alexandria).

- ستبقى ذكرى ارخميدس حتى بعد نسيان (أشيلس)[2] هذا لأن اللغة زائلة والرياضيات باقية.

قد يظن البعض أن لا معنى للخلود ولكني على يقين بأن سر عظمة الرياضيات يقطن في خلودها.

ج. هـ. هاردي

G. H. Hardy، (A.Mathematicion's - Apology)، 1941

مقتطف من كتابه الموسوم (اعتذار رياضي)، 1941.

(1) Leonhard Euler: (1783-1707) رياضي سويسري لامع عاش في روسيا وألمانيا اشتهر باكتشافاته الرياضية الفذة والتي تناولت مواضيع مختلفة وحقول متعددة مثل الهندسة التحليلية وحساب التفاضل ونظرية الرسوم البيانية. ووضع لأول مرة مصطلحات رياضية مثل التحليل الرياضي والدالة الرياضية وكان سبّاقا في ميادين الميكانيك وحركة السوائل وعلم الفلك. (المترجم).

(2) Aeschlus - كاتب مسرحي روماني اشتهر بإيجاد فكرة (المأساة) في المسرح. كان أول من زاد عدد الممثلين على الخشبة لإيجاد وخلق حبكتها، ألف ما ينيف عن 70 إلى 90 مسرحية، لم يصلنا منها إلا سبعة. (المترجم)

- مرحى!! مرحى!!

صيحة الفرح التي أطلقها أرخميدس عندما توصل إلى أن تاج الملك (حيرون – Hieron) قد صيغ من ذهب مخلوط بفضة.

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

أرخميدس من سيراكس – (Archimedes of Syracuse (287–2120) رياضي ومخترع يوناني اشتهر بدراساته الهندسية والمائية وباللولب المسمى باسمه والذي لا يزال يستعمل لحد اليوم لرفع المياه.

يعتبر المهندس الإغريقي، (أرخميدس) أعظم رياضي وعالم عاش في الزمن القديم، كما ويعتبر رابع أعظم من وطئت أقدامهم الأرض من الرياضيين، فهو غالبا ما يوضع في مطاف إسحاق نيوتن – (Issac Newton) وليونهارد يولر–(Leonhard Euler) وكارل كاوس –(Carl Gauss). ولد أرخميدس لفلكي أغريقي اسمه (فيدياس – Phidias) وأمضى جل عمره في مدينة (سيراكس) حيث عمل على ابتكار العديد من المخترعات مثل الأسلحة التي استعملت ضد الرومان واللولب المعروف باسمه لغرض رفع الماء إلى مستويات أعلى، وكان أول من فكر بوضع نماذج تحاكي قبة السماء بنجومها وكواكبها وأجرامها (Planetariums).

قصد أرخميدس (مصر) في إحدى مراحل حياته، ودرس في (الإسكندرية) التي كانت منارة من منارات علم ذلك الزمان والتي سعى الإغريق إلى إرسال طلابهم إليها. وبقي ذكره خالدا إلى زماننا الحاضر لما تركه لنا من اختراعات وأعمال هندسية وقوانين رياضية منها: تلك التي تُستخرج بواسطتها الأحجام والمساحات السطحية للأجسام الكروية إضافة إلى ابتكارات رياضية أخرى استندت إليها طرق أحدث كاستعمال اللوغارتم وحساب التفاضل.

تعود أسطورة مقتله من قبل أحد الجنود الرومان أثناء فترة احتلال بلدته (سيراكس) إلى العام

212 ق. م. خلال (الحروب البيونية)[1] حينما ثار غضب (أرخميدس) لدى مرور ذلك الجندي على الدوائر التي كان قد رسمها على الرمل أمامه وهو يدرسها فنهره بجملته الشهيرة قبل مقتله (لا تشوه دوائري). ينقل لنا الكاتب الاغريقي (بلوتارش – Plutarch) وصية أرخميدس لأحبائه وأصدقائه بأن تُنقش على قبره صورة أسطوانة تحيط بكرة وأن يكتب تحتها العبارة التالية: (النسبة التي يفوق فيها الشكل الحاوي الشكل المحتوى).

أُطلق اسم (أرخميدس) على إحدى فوهات القمر وهي بقطر (82 كيلو مترا) في عام (1935) من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالمي. واتحاد الفلكيين العالمي (International Astronomical Union – I A U) هي الجهة الرسمية المخولة لمراجعة واعتماد الأسماء المقترحة من قبل العلماء (وعامة الناس) لإطلاقها على معظم الأجرام الشمسية.

ومن الغريب أن يُعرف ويشتهر أرخميدس – وهو الرياضي الفذ اللامع – لا بإبداعاته الرياضية وإنما باختراعاته الميكانيكية التي شملت على سبيل المثال لا الحصر:–

- اللولب الشهير المعروف باسمه والذي اخترعه لغرض رفع المياه من مجاريها لري المحاصيل (وقد ذكره المؤرخ الإغريقي ديودورس الصقلي – Diodorus Siculus).
- لولب طويل يستعمل كممر لدفع السفن من مرافئ بنائها إلى البحر (وقد ذكره الكاتب الإغريقي اثينيوس – Athenueus).
- مجموعة البكرات المركبة المستعملة لاختزال جهد رفع السفن (وقد ذكرها الكاتب الإغريقي بلوتارش – Plutarch).
- القبة الكروية لتشبيه سطحها الداخلي بالسماء ونجومها (Planetarium)، وقد ذكرها الخطيب الروماني (سيسرو – Cicero).
- المجانيق؛ وهي القاذفات الدفاعية بعيدة المدى التي استُعملت لصد الرومان، (وقد

(1) Punic War: سلسلة من ثلاث حروب طويلة دارت رحاها ما بين روما وقرطاج من عام 264 وحتى عام 146 ق.م. ولعلها كانت أطول حرب خاضها العالم القديم إلى حينها. واشتقت تسميتها من اللاتينية (Punicos) وتعني (قرطاجنه أو قرطاج) وعلى اسمها سمي (ميناء تونس) الحالي في تونس وهم حفدة الفينيقيين سكنه لبنان القدماء. (المترجم).

ذكرها كل مـن المؤرخين الإغريقيين(بوليبيس – Polybius) و (بلوتارش – Plutarch) والمؤرخ الروماني (ليفي – Livy).

• المرايـا العظيمة الحارقة والتـي استعملت لصد الرومان (ويشـك العديد من المختصين بصحة الأسطورة الواردة بشأنها).

لقـد ذُكر الكثير عن (مرايا أرخميدس الحارقـة)... فقد شاع في حوالي عام (313 ق.م). بأنه كان قد صنع نوعا من (أشعة الموت)، التي اعتقد أنها تتكون من مجاميع من المرايا المقعرة التـي كان لهـا قابلية تركيز أشعة الشمس علـى السفن البحرية الرومانية وإضـرام النار فيها. لقد حـاول العديد من المؤرخين والبحاثة اختبار تلك الاسطورة عمليا فقاموا بنصب العديد مـن توليفات المرايـا لغرض تحقيق عملية إحراق شيء ما عند بعد ولكن جميع المؤشرات التي حصلنـا عليها كانت تؤكد فشل مثـل تلك المحاولات. ولكن المحـاولات لم تعرف اليأس، فقد حاول أحد مهندسـي (معهـد ماساجوست للتكنولوجيـا – MIT) وهـو ديفد والاس (David Wallace) التصـدي لإثبـات ما عجز عنه غيره فقـام في عام (2005) بتشجيع تلاميـذه وقيادتهم لبناء نسخـة مماثلة لإحدى سفن الرومان الحربية مـن خشب البلوط وقام بتسليط أشعة الشمس المركزة عليها. لقد عمد ديفيد في محاولته تلك إلى صناعة (127) قطعة من قطع البلاط(الرخام)، بلغت مساحة الواحدة منها (12) مترا مربعا وقام بتغطيتها جميعا بالمرايا العاكسة ثم قام بتسليط أشعة الشمس المركزة بواسطتها على نموذج السفينة آنف الذكر من على بعد بلغ (30) مترا واصطبر الجميع لمدة (10) دقائق قبل أن تندلع النار فعلا فيها.

وأعيـدت محاولـة حرق جسم بحري آخر عـن بعد في عام (1973) من قبـل أحد المهندسين اليونانيـين، الـذي قام بصناعة وترتيب سبعين مرآة عاكسة بلغـت مساحة كل منها (5x3) قدما وجـرب تركيز أشعة الشمس بواسطتها على قـارب للتجديف. نجحت هذه التجربة فسرعان ما شبت النار في القارب بعد وقت قصير. لقد أثبتت التجربتان السابقتان إمكانية إضرام النار عن بعد بجسم بحري خشبي بواسطة المرايا ولكن المؤرخين لا زالوا يجزمون بصعوبة قيام (أرخميدس) بتحقيق مثل ذلك العمل في تلك الحقبة خصوصا إذا كانت سفن الرومان في حركة دائمة.

لقد استُثمرت فكرة حرق جسم ما عن بعد باستعمال المرايا من قبل كاتب القصص القصيرة الشهير (آرثـر كلارك – Arthur Clark) في روايته الخيالية التي صدرت بعنوان (ضربات الشمس: إحدى الحالات البسيطة) والتي يصف فيها غضب جمهور إحدى مباريات كرة القدم المتحمس على حكمها الـذي بالغ في استعمال صلاحياته ظلما ضـد أحد الفريقين الأمر الذي دفعهم إلى استخدام منشورات المبـاراة المطبوعة على الورق الصقيل اللماع (بصـورة جماعية وبزوايا معلومة!) لعكس أشعة الشمس عليه بعد تركيزها، ففعلت فعل مرايا (أرخميدس) سالفة الذكر فحرقته وحولته إلى رماد؟!

ولعـل المبالغة في صدق واستعمال اخـتراع أرخميدس المذكور قد أخلت محلها لاختراع آخر أكثر مصداقيـة وأنجع فعالية، جـاء ذكره مرارا في كتابات المؤرخ (بلوتارش) كأحد الأسلحة الفعالة التي استخدمها الإغريق في دفاعهم ضد غزو الرومان في حدود عام (212 ق.م). والتي أكد يقول فيهـا:

((لقد أثبتت أسلحة أرخميدس بعيدة المدى نجاعتها، فما كاد يأمر بإطلاقها حتى اندفعت صوب قوات المشـاة الرومانية الراجلة كل أنواع المقذوفات من صخور وكرات نارية وأحجار وغيرها فأمطرتهم بما لا قبل لهم بها من لعنات الموت مصحوبة بالرعب المتولد من الضجيج والغبار والجلبة. لقد بلغت اكوام وقوى تدمير تلك الصخور المنهمرة من السماء حدا لم يستطع معها محاربو الرومان صمودا، فمحقتهم عن بكرة أبيهم)).

بلـغ ولع أرخميدس بالرياضيات وتشربه بحبهـا حدا قد يصعب وصفه (بالطبيعي)، فقد ذكر (بلوتارش) بأنه كان على خلم (أرخميدس) إرغامه على دخول الحمام لانشغاله بها. وحتى وهو هنـاك وخلال تدليـك جسمه وتحميمه بالصابون كان غالبا ما يستمـر برسم الأشكال الهندسية والدوائر بأصبعه على جسمه المغطى به ويسترسل بتفكيره بل وبشروده وانعزاله عما حوله ليكمل رسومه على جسده العاري المغطى بالزيت بعد ذلك وهو كالسائر في منامه أو كالمتيم بغرامه!!.

أمـا أشهـر ما وصلنا من الأساطير التي نُسجت حوله فكانـت تلك المتعلقة بالملك (هيرون – Hieron) والذي أراد التأكد من نزاهة صائغ بلاطه الذي شك بأنه كان قد مزج الفضة بالذهب الخالص المفروض أن يصنع كامل تاجه منه، فما كان من (أرخميدس) إلا أن أجرى تجاربه بغمر التـاج في حوض ماء ليحل الأُحجية، فاستطاع بذلك كشف غش الصائغ الذي كان بالفعل قد

قام بمزج الفضة بالذهب في صناعته لتاج الملك. ومن بين الذين انبروا للتحقق من صحة تلك الأسطورة كان المهندس والمعماري الروماني (ماركس فتروفيس – Marcus Vitruvius) الذي كتب عن تلك الحادثة في دورية (المعماري – De Architecture) يقول:

((لقد تشرب (أرخميدس) وانغمس كليا في تلك (المعضلة) فكان شغله الشاغل حلها، حتى أنه كان دائم التفكير بها في حله وترحاله وفي يقظته ومنامه. وفي أحد الأيام التي (سيق) فيها من قبل خادمه للاستحمام كعادتهما وما كاد يدخل الحوض حتى قفز قفزته الشهيرة فرحا خارجا منه وراكضا بأقصى سرعته إلى داره عاريا وقد أخذته نشوة الفرح بحل قضية تاج الملك الذهبي الممزوج سرا بالفضة. أما صيحته الأكثر إثارة خلال تلك الحادثة (وجدتها!!... وجدتها!!...) فأشهر من أن تذكر)).

لقد كان في دقة ملاحظة (أرخميدس) لكمية الماء الفائضة من الحوض (بعد أن أنزل جسمه فيه وتأكده من أن وزنها كان مساويا للوزن الذي فقده جسمه عند انغماره به) المفتاح الأساسي الذي ألهمه حل تلك المسألة.

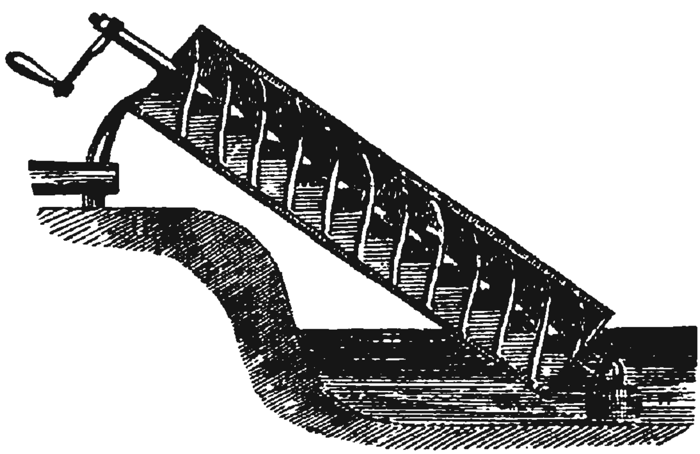
وإذا ما أعدنا تصورنا لتلك الحادثة فسيمكننا أن نتخيل (أرخميدس) وهو بثيابه الإغريقية الأنيقة وشعره الكث (الذي لا تعرف شعرة منه طريقا لمصاحبة زميلاتها أبداً،... علامة الذكاء والتفكير) وهو يحاول ويعيد تجربته لاكتشاف حقيقة تاج الملك باستعمال جردل مناسب مملوء بالماء حتى حافته باذلا جهده لجمع ما يفيض من مائه بكل دقة واحتراس. وبإعادة ذات التجربة مرة بعد أخرى باستعمال أوزان متساوية من الذهب تارة ومن الفضة أخرى سنراه يكتشف بأن على مكعب الذهب أن يكون أصغر حجما (ومن ثم سيزيح كميةً أقل من الماء) من مكعب الفضة إذا تساوت أوزانهما. وبالتحقق من قياس أحجام الماء المزاح من قبل وزني الفضة والذهب المتساويين نجده قد اكتشف الاختلاف بينهما وبمقارنة ذلك بما يزيحه تاجين متساويي الوزن أحدهما مصنوع من الذهب الخالص والثاني من الفضة الخالصة أمكنه التوصل إلى اكتشاف الفرق بين كثافتيهما النسبية الأمر الذي استنتج منه أن تاج الملك لم يكن مصنوعا من الذهب الخالص.

استنتجت أسطورة (أرخميدس) والملك (هيرون) أن كثافة تاجه تراوحت ما بين (10.5 و

19.3 / سم3) وهي كثافة كل من الفضة والذهب على التوالي مما يعني أنه لم يُصنع من الذهب الخالص من قبل صائغ القصر الذي وعد ملكه بذلك... فتم إعدامه.

يميل أكثر الباحثين إلى الاعتقاد بأن الكثير من التهويل والمبالغة كانا قد ألحقا بقصة الذهب والفضة التي نسبت لأرخميدس، وذلك لأنه من غير المرجح أن تكون آلات قياس (أرخميدس) قد بلغت درجة الدقة اللازمة لاكتشاف الفرق الضئيل في كمية الماء المزاح من قبل التاج المصنوع من الذهب الخالص وذاك الذي قد أضيفت بعض الفضة إليه عند صياغته.

هذا على عكس قصة اختراعه للولب المعروف باسمه والتي يمكن اعتبارها معقولة إلى حد ما، حيث نجد أن (فتروفيس – Vitruvius) كان قد كتب وصفا مطولا لطريقتي صناعة وعمل ذلك اللولب في رفع الماء من مجاريه إلى مستوى الأراضي المروية الأعلى نسبيا عنها. يتألف ذلك الاختراع في أبسط صورة له من أسطوانة مغلقة تدور حول محور التفت حوله صفائح حلزونية متصلة بعضها ببعض. تُغمر مؤخرته في مجرى جدول أو بحيرة فيرتفع الماء منزلقا إلى الأعلى من مستوى حلزوني إلى الذي يليه عند إدارة مقبض اللولب المثبت في نهايته العليا.



لولب أرخميدس – (المصدر: موسوعة تشامبر)

(From Chamer's Encyclopedia - Pheladelphia: J.B. Lippincott Company, 1875).

ومن المرجح أن يكون (أرخميدس) قد تمكن أيضا من اختراع (مضخة) لولبية تتألف من جسم أسطواني على شكل المسمار المحوري (البرغي – أو مسمار القلاووظ) بأسلوب مشابه،

تثبت عموديا وتستعمل لتفريغ المياه من قيعان السفن الكبيرة عند تجمعها هناك. ومن المفيد أن نذكر هنا أن (لولب أرخميدس) بالغ القدم لا يزال مستعملا لرفع مياه الري من جداولها وسواقيها في الأماكن والمجتمعات التي لم يصلها نور التكنولوجيا بعد... آخذين بعين الاعتبار نقطتين مهمتين في استخدامه وهما عدم تأثره برفع المياه الموحلة على خلاف المضخات الكهربائية والبترولية المستخدمة في الوقت الحاضر من ناحية، وانعدام تلويثه للبيئة من ناحية ثانية... هذا وقد وجدت النماذج الحديثة من لوالب (أرخميدس) طريقها للتطبيقات العملية في يومنا هذا ونخص بالذكر استعمالها لرفع المياه الثقيلة في منشآت تكرير وتنقية المياه لإعادة استخدامها في الري الزراعي ولاستخراج السماد العضوي عالي الجودة خطير الأهمية.

لقد ساهم عالمنا الجليل كل المساهمة في دراسة الرياضيات والهندسة وتقدمهما عن طريق ابتكار وإثبات العديد من النظريات المتعلقة بالأحجام والمساحات السطحية للأشكال الهندسية، فقد عمد إلى وضع القانون الذي يحكم المساحة السطحية وحجم أي كرة (فاستنتج على سبيل المثال بأن المساحة السطحية للجسم الكروي لابد وان تساوي أربعة أمثال مساحة الدائرة المرسومة داخله إذا تطابق مركزاهما، كما قام بحساب قيمة النسبة الثابتة (π– وهي نسبة محيط أي دائرة إلى قطرها). وناقش وأضاف الكثير إلى فيزياء الأجسام الطافية. ومن الإنصاف أن نذكر أن تجارب (**أرخميدس**) العلمية وأعماله فيما يخص الأجسام الطافية كانت قد شكلت الأسس العلمية الحقيقية لمبادئ علم السوائل المستقرة (Hydrostatics) وهو العلم الذي يبحث كافة حالات السوائل الساكنة وتكيفها وتصرفها مع مختلف الضغوط المسلطة عليها.

درس أرخميدس قيمة النسبة الثابتة (π) عن طريق إدخال وإحاطة مختلف الدوائر بمضلعات متباينة واستنتج بانه كلما زيد عدد أضلاعها كلما زاد اقترابها من ملامسة الحافة الأصلية لمحيطها. واستطاع بتلك الطريقة إيجاد مساحات المضلعات الداخلية والخارجية بدقة الأمر الذي مكنه من التوصل إلى قيمة (π) وحصرها ما بين (...3.142857 و ...3.140845)، أما القيمة المقبولة حسابيا لها اليوم فتبلغ (...3.14159). لقد بلغ شغف أرخميدس بدوائره ومضلعاته مبلغا جعله يعكف على دراستها وزيادتها فبدأ بالمسدس (المضلع ذو الست زوايا)

ولم يتوقف حتى استطاع رسم إحداها بست وتسعين ضلعا!!

تطرقت اهتماماته ودراساته إلى وضع العديد من نظريات العتلات والبكرات، كما حاول ونجح في تفسير لماذا يكون تحريك جسم ما على منصة طويلة صعودا أسهل إذا كانت زاوية ميلانها أقل ولنفس الارتفاع، واكتشف وأثبت أن حجم الكرة الملامسة للجدران الداخلية للأسطوانة التي تحتويها لابد وأن يكــون ثلثي حجم الأسطوانة نفسها. وكما ذكرت سابقا فــإن (**أرخميدس**) كان قد أوشك على استنبــاط طرق حساب ودراســة الحساب التفاضلي قبل أن يتوصل إليه (نيوتن) بعده بأكثر من ثمانية قــرون، لولا افتقاده للنظم الرياضية الصحيحة والرموز المفهومة لمساعدته في تحقيق أفكاره. وقد بلغ أفق تصوره وذكاؤه مداه حينما توصل في كتابه المسمى(حاصي الرمال – The Sandreckoner) إلى ابتــكار نظام إحصاء رياضي مكنــه من العد والتعبير عـــن أرقام فلكية هائلة تقدر بـ (8×10^{63} – ثمان ضرب عشرة مرفوعة للقوة 63) بمفهومنا الحديث. اعتقد أرخميدس (جازما) بأن هذا العدد الذي اقترحه كان كافيا لإحصاء عدد حبات الرمال اللازمة لملء الكون برمته!

لقد ذكرت في كتابي الموسوم (شغفي بالرياضيات) اثنين من أحب الألغاز إلى نفسي والتي تنســب إلى شغف (أرخميدس) بالرياضيات والهندسة. أولاهما سميت (بجعبة أرخميدس) وإليك تاريخ اكتشافها ومحتواها:

عــثر أحد مؤرخي الرياضيات في عــام (2003) على مخطوطة قديمة كتبت على قطعة من الجلد هي عبــارة عن نسخة منسوخة عن إحدى كتابــات (أرخميدس) والمساماة (جعبة أرخميدس)، وقد أُعيد تصحيحها واستعيدت كتابتها الناقصة من قبل كهنة أحد الأديرة منذ ما ينيف على الألف عام، وتضمنت أحجية مــن النوع المسمى (التشكيلات– Combinatorics) وهــو أحد فروع الرياضيات الذي يهتــم بإيجاد عدد الطرق الممكنة التي يمكن بواسطتها حل إحدى المسائل بصورة صحيحة. وقد كان الهــدف من (جعبة أرخميدس) هو تحديد عدد الحلول الصحيحة أو التشكيلات والتي يمكن لأحجية متكونة من أربع عشرة قطعة هندسية مسطحة أن تُصّف لتكون شكلا مربعا. وجد المهتمون بمثل هذه المسائل في عام (2003) الحل وكان بإمكانية ترتيبها بنحو (17،152) تشكيلة مختلفة.

عمــد قساوسة المسيحيــة في القرن الثالــث عشر إلى تمزيــق (النسخة الأصليــة) لمخطوطة

أرخميدس وغسلها، ثم توزيعها عشوائيا على قطعة من الجلد، ثم ألصقوا عليها كتابات دينية بحيث أصبح من المستحيل رؤية أو التعرف على (جعبة أرخميدس) بالعين المجردة. واستوجب التعرف عليها وتقييم بعض ما فيها من نفائس الرياضيات، استعمال العديد من طرق وأساليب الكشف الحديثة كالأشعة ما فوق البنفسجية لتصويرها واستعمال الحاسوب لإعادة تشكيلها رقمياً. وفي عام(2006) عمد بعض المختصين من جامعة ستانفورد (Stanford) الأمريكية إلى اللجوء إلى معجل الجامعة الخطي من أجل تسليط حزم مكثفة من الأشعة السينية القوية منه على بعض أجزائها لغرض تحفيز ذرات الحديد الموجودة في تركيب الأحبار التي استخدمها (أرخميدس) لكتابة تلك المخطوطة وجعلها في حالة توهج (فلورة – Fluorescence)، كل ذلك علّهم يتوصلون إلى حقيقة فهم ما خُفي عنهم من بعض كلماتها.

لقد تعمق العلماء واستفاضوا بدراسة (المنسوخة) كذلك واكتشفوا احتواءها على سبعة من نصوص أرخميدس المنطقية بما في ذلك نص (الطريق إلى نظريات الميكانيك) والتي بحث عنها المهتمون بها، فقط بعد أن علموا بوجودها من دراسة النسخة الواصلة إليهم عن (منسوخة أرخميدس) نفسها، كما لك أن تتصور كم كانت دهشتهم عظيمة عندما اكتشفوا ولأول مرة، وباستعمال ذات أسلوب (معجل ستانفورد الخطي) احتواء النسخة الاصلية على نص ثان بعنوان (حول الأجسام الطافية) وقد كتب بالإغريقية القديمة والذي لم يأت أي ذكر له في أي من (المنسوخات) السالفة.

أما الأحجية اللطيفة الثانية والتي تنسب إليه أيضا فهي تلك المسماة (بإشكالية قطيع أرخميدس)!! وقد جاء ملخصها كما يلي:

((أيها الغريب...!! أيها الغريب الكريم...!! هلا أعنتني على إحصاء عدد رؤوس ماشيتي... (قطيع الشمس) والذي كان يرعى هناك يوما في مروج جزيرة (تريناسيان – Thrinacian) في مقاطعة صقلية (Sicily). يتألف مجموع ماشيتي من أربعة قطعان كل قطيع بلون مختلف – الأبيض الحليبي والأسود الداكن والأصفر الفاقع والمبقّع الزاهي. بلغ عدد ثيراني البيضاء (1/3 + 1/2) ثيراني السوداء مضافا إليها ما يساوي كامل ثروتي من ثيراني الصفراء. وبلغ عدد ثيراني السوداء (1/5 + 1/4) ثيراني المبقعة، مضافا إليها

ما يساوي كامل ثروتي من ثيراني الصفراء. وبلغ عدد ثيراني المبقعة (1/7 + 1/6) ثيراني البيضاء مضافا إليها ما يساوي كامل ثروتي من ثيراني الصفراء. وبلغ عدد بقراتي البيضاء (1/4 + 1/3) كامل عدد قطيعي الأسود. وبلغ عدد بقراتي السوداء (1/5 + 1/4) كامل عدد قطيعي المبقع. وبلغ عدد بقراتي المبقعة (1/6 + 1/5) كامل عدد قطيعي الأصفر. وبلغ عدد بقراتي الصفراء (1/7 + 1/6) كامل عدد قطيعي الأبيض.

عساك تتمكن أيها الغريب أن تحصي لي عدد رؤوس ماشيتي (قطيع الشمس) وتخبرني كم بلغ عدد قطيعي من ثيران وكم بلغ من أبقار وكم بلغ عددهما من كل لون.

سأشكرك أيها الغريب وسأدعو لك، ولن يعتبرك أحد مقصرا في علم الأرقام ولا غير حاذق في حسابها، ولكنك لن تعتبر حكيما ولا من منزلة العقلاء حتى تعلم شروطي التي آنست تعليمها لقطعان ماشيتي الأربعة:

[يرعى الثيران البيض سوية مع الثيران السود في صفوف بلغ عدد الرؤوس في كل صف منها عدد الصفوف ذاتها وتساوي عدد الرؤوس في كل صف وقد آنس جزء قطيعي هذا توليف شكل المربع الكامل في رعيه دوما. ويرعى الثيران الصفر سوية مع الثيران المبقعة، وآنس جزء قطيعي هذا على الاصطفاف كثور واحد في الصف الأول واثنان في الثاني وهكذا حتى يشكلون شكل المثلث الكامل]. والآن أيها الغريب الكريم إن استطعت أن تحصي لي رؤوس ماشيتي، وتجمع كل شروطي التي طلبتها منك في ذهنك وتطبقها في حسابك فإنك ستغادر أرضي وحقلي مباركا بالمجد محفوفا بالاحترام وأعلم حينها أنك ستكون من بين القلائل السعداء من بني البشر الذين يتمتعون بأفضال الحكمة ويرفلون بوارف السؤدد)).

ملاحظة: [الجواب الكامل الصحيح للمسألة هو (7.76 مضروبا بـ 10 مرفوعة إلى الأس 206544) رأساً.]

لم يتمكن أحد من مجاراة أرخميدس في تحدية ولم يستطع أحد مجاراة صعوبة حساب تلك المسألة وإيجاد حلها حتى حوالي عام (1880). إن أول محاولة حساب دقيقة لهذه المسألة كان قد جرى في عام (1965) من قبل كل من (هوغ س. وليامز – Hugh C. Williams)

و (ر. أ. جرمـــن- R. A. German) و (س. روبـرت زارنـــــك - C. Robert Zarnke) وذلك باستعمال حاسبه آي. بي. أم (IBM) من طراز (7040).

لســت على علم - والحق يقال - بأي مسألــة حسابية (غير هذه التي ذكرت)،قد استغرق حلهــا ما يقارب الاثنين وعشرين قرنا من الزمان، لكــن من الجدير بالذكر الإشارة هنا إلى أن هنـــاك روايتين لتلك المسألة على الأقل تُنسبـــان إلى أرخميدس، والرواية آنفة الذكر هي أعقد الاثنتين. ولا يشك أحد بإخفاق (أرخميدس) نفسه بحل مسألته بروايتها المعقدة تلك. ولقد ذكر الكاتب (هنريخ دوري - Heinrich Dorrie) أسماء أربعة من الرواد الذين اعتقدوا باحتمـــال خطأ نسبـــة رواية المسألة السابقة إلى (أرخميدس)، إلا أنه ذكر - كذلك - أسماء أربعة من الرواد الآخرين الذين اعتقدوا بصحة نسبتها إليه.

تأخرت الإشارة والاستفادة من اكتشافات أرخميدس الرياضية ولم يمط اللثام عن أهميتها البالغة في إمكانية التأثير على مجرى حياة البشر إلا قرابة القرن الثامن الميلادي، حينما وصلت تلك الأعمال إلى أيـدي وعقول العرب الذين عملوا على إذكاء روح الحياة فيها وبعثها من جديد. وبلغت تلك الأعمال أوج مجدها وعزها في القرن السادس عشر الميلادي (1500s) حينما انتشرت على نطاق العالم القديم آنذاك وألقت بظلال تأثيرها على أعمال الكثير من العظام أمثال (كبلر) و(غاليليو).

لم يغفــل (غاليليو) ذكر اسم (أرخميدس) في الإشارة إلى اقتباسه منه في كتاباته واكتشافاته، وشابهت طرق إيجاد المساحات التي ابتكرها (كبلر) تلك التي سبقه (أرخميدس) في التوصل إليها ولا سيما إيجاد مساحة الدائرة والقيمة المقربة للنسبة الثابتة (π).

وفي ختـــام تصفحنا لتاريخ حياة (أرخميدس) الحافلـــة، وأعماله واختراعاته الباهرة، وبالنظر لكونـــه رائدا علما من عمالقة علم الرياضيات ومبدعيه فقد ارتأيت إيراد كشف ملخص لتاريخ علم الرياضيات الطبيعي الذي كان قد تطور تطورا عظيما لاشك فيه منذ أيامه وحتى الآن، فلقد نمـــا وتضخم الكيان الرياضي عبر الزمـــن رغم وجود التباين الواضح في الأرضيات التي ترعرع فيها. يذكر التاريخ لأوربا خلال القرن السادس عشر (1500s) تأخرها البيّن في هذا الموضوع مقارنـــة بما توصل إليه الإغريق فيه، خلال الحقبة التي عاشهـــا (أرخميدس). ولكن الطفرة التي

شهدتهـا البشرية منذ ذاك التاريـخ كانت عظيمة، يمكننا إدراكها إذا تابعنا خطها البياني إلى اليوم حيث يتم إثبات صحة بضعة مئات الآلاف من النظريات الرياضية في الوقت الحاضر سنويا.

وعلـى سبيل المقارنة ولإدراك التطور الفعلي للموضـوع اليوم وما نتوقعه له في المستقبل، يمكننا مقارنة الموضـوع وإلى حد أوائل وأواسط القرن العشرين (1900s) بالبحيرة الضحلة التـي يمكن خوضها مـن قبل شخص واحد، فقـد كان بإمكان أحد عباقرتهـا الإلمام بكامل مـا تعرفه البشرية عنها. أما اليوم ونحن على أعتاب القـرن الواحد والعشرين (2000s) فإن ميـاه (بحيرة) الرياضيات قد فاضت، وأعماقها قد غارت فلم يعد بإمكان عباقرتها اليوم إلا الإلمـام باللمم من خفايا بحرها المتسع!! ولكُلِّنـا الحق في التأمل والتفكير بمصيرها والتساؤل عن مستقبلها الذي ينبئ بزيادة تعمق اختصاصيها بأجزاء أدق وأدق منها،... فما الذي تـراه سيحـدث عندما يبلغ مقدار علم أحدهم ذروته في نقطة منها لا تكاد تُرى؟!

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Clagett, Marshall. "Archimedes." in *Dictionary of Scientific Biography*. Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Dörrie, Heinrich. *100 Great Problems of Elementary Mathematics: Their History and Solution* (New York: Dover, 1965).

Heath, Thomas (translator). *The Works of Archimedes* (New York: Dover, 2002).

Holden, Constance, "Death-Ray Test," *Science* 310(5747): 435.

Kolta, Gina, "In Archimedes' Puzzle, a New Eureka Moment," *New York Times*, 153(52,697): 1, December 14, 2003.

Pickover, Clifford. *A Passion for Mathematics* (New York: Wiley, 2005).

Rorres, Chris, "The Turn of the Screw: Optimal Design of an Archimedes Screw," *American Society of Civil Engineers Journal of Hydraulic Engineering* 126: 72–80, January 2000; available on the Web from the author at www.mcs.drexel.edu/~crorres/ screw/screw.pdf.

Simmons, John. *The Scientific 100: A Ranking of the Most Influential Scientists, Past and Present* (New York: Citadel Press, 1996).

Stein, Sherman. *Archimedes: What Did He Do Besides Cry Eureka?* (Washington, D.C.: Mathematical Association of America, 1999).

آراء فلسفية وأفكار للمناقشة:

تعتبر الصـلة (صلة القوانين بعضها ببعض... وجسـور ربط الجديد منها بالقديم) سُدى نسيج الفيزياء

ولحمته. يتمتع اختصاصـي الفيزياء النظرية باكتشـافها ويفرح المجربون بتجربتها واختبار مصـداقيتها وقوتها... وفي النهاية يَلّف هذا النسـيج كل العلوم بشرنقة بديعة الصنع ليخرجها من عندها أبهى طلعة، وأجمـل شـكلا، وأقدر على تغيير مفهومنا وطبيعـة تفكيرنا عن الكون من حولنـا وموقعنا فيه. ما أحلى الصلات والجسور التي تبنيها الرياضيات ما بين العلوم وما أمتع أن نكتشف الكثير منها.

كراوس

Lawrence Krauss، Fear of Physics

مقتبس من كتابه (الخوف من الفيزياء).

أسـتطيع تفسـير مبدأ أرخميدس في الطفو وفهمه على أسـاس النظرية الحركية، والتي تنص على أن: لجزيئات أي سـائل ضـغطها الخاص الذي تسـلطه بعضها على بعض والذي يتناسـب مع العمق، فإذا ما غمرنا أي جسـم في سـائل فإنه سيكون تحت تأثير نفس الضغط السـابق والناتج عن تصادم الجزيئات مع السـطح الخارجي له. وإذا ما اكتمل انغمار هذا الجسـم تماما فمن الطبيعي أن تكون قوة تصادم جزيئات السـائل المحيط بسـطحه أعظم قوة عليه في أسـفله مما هي عليه في جزئه الأعلى. وهكذا أفسر منشأ قوة الطفو التي تدفع كافة الأجسام المغمورة إلى الأعلى.

تريفل

James S. Trefil، The Natural Science، An A-Z Guide

to the laws and principles Governing our Universe

مقتبس من كتابه (المرشد الأبجدي للقوانين والمبادئ التي تحكم الكون).

لا غرابـة في رفضـ أغلب البحـوث التي تقدم للنشر في دوريات الفيزياء لا بسـبب اسـتحالة فهمها وتفسيرها، بل على العكس لأنها مفهومة واضـحة، أتعلم ما هي طبيعة البحوث التي تنشر فيها؟! إنها تنشر فقط البحوث التي لا يتمكن محرروها من فهمها!!.

دايسون

Freeman Dyson، Innovation in physics

مقتبس من كتابه (الإبداع في الفيزياء)

تنطبق قوانين الحركة التي اكتشفها (إسحاق نيوتن) على الكواكب المنطلقة في الفضاء حول شموسها بنفس السلاسة التي تفسر فيها رشاقة سقوط تفاحة حمراء لذيذة من شجرتها على رأسك، الأمر الذي يدفعنا إلى الاستنتاج بأن قوانين الأرض والسماء لابد وأن تكون واحدة. مرت على (نيوتن) وزملائه مائتا سنة حتى جاء ميشيل فراداي (Michael Faraday) وجيمس كلارك مكسويل (James Clark Maxwell) وأثبتا بأن: في إمكان التيار الكهربائي المار بسلك توليد حقل مغناطيسي حوله، كما بإمكان المغانيط المتحركة على طول سلكٍ توليد تيار كهربائي فيه، أي أن كلتا القوتين ما هما إلا وجهان لعملة واحدة، متعلقة الواحدة بالأخرى وتنتسب كل واحدة إلى أختها تماما كعلاقة لمسة (ميداس)[1] بتكوين الذهب، وعلاقة القيثارة بأنغامها.

(1) Midas: طفل نشأ في مدينة ماسادوينا (Macedenia) وتبناه ملك وأصبح ملكا بعد أبيه أيضا. يقال إن أمه كانت آلهة وأعطته لمسة سحرية استطاع بها تحويل كل شيء إلى ذهب. وصارت تلك النعمة نقمة عليه حينما حول ابنته إلى تمثال من ذهب حينما لمسها، وطعامه وفاكهته حين حملها!! واشتهر كذلك بحدائقه الغناء المليئة بأكبر وأجود أنواع الزهور العبقة، والفاكهة اليانعة التي لم يتمكن حتى من تذوقها... (المترجم).

قوانين كبلر لحركة الكواكب

KEPLER'S LAWS OF PLANETARY MOTION

ألمانيا عامي 1609، 1618: اكتشفت ثلاثة قوانين تصف حركة الكواكب حول الشمس

محاور ذوات علاقة:

قوانين اسحاق نيوتن (ISSAC NEWTON'S LAWS)، ونظرية اينشتين العامة في النسبية (EINSTEIN'S GENERAL THEORY OF RELETIVITY)، وأعمال اقليدس [THE WORKS OF EUCLID] وغاليليو غاليلي وتايكو براه [GALILEO GALILEI AND TYCHO BRAHE].

من أحداث عام (1609):

- اكتشف الرحالة الأمريكي هنري هدسن (Henry Hudson) الخليج الذي عرف لاحقاً باسمه.
- شحنت الشركة الألمانية – الهندية الشرقية ولأول مرة الشاي من الصين إلى أوربا.
- قدم غاليليو أول عروض تلسكوباته أمام حكام ولاية فينثيان(Venetion).

نصوص القوانين وشرحها

اكتشف الفلكي الألماني (يوهانز كبلر) القوانين التي تحكم الحركة الإهليجية لدوران الكواكب في الفضاء حول الشمس مستفيدا من الحسابات التي سبقه إليها الفلكي الدنماركي [تايكو براه (1546 –1601) Tycho Brahe] وكان (براه) قد توصل إلى جمع كافة معلوماته وأجرى كل قياساته لدراسة السماء باستعمال العين المجردة لاغير! إذ إن التلكسوب لم يكن قد اخترع بعد! لم يكن ما أقحم (كبلر) نفسه فيه سهلا أبدا، فمن أجل أن يتوصل إلى قوانينه، كان عليه أن يخطو خطوة لم تكن (بالممكنة أبدا) لغيره، وتلك هي رفضه (للدوائر المثالية) التي كان من المعتقد وإلى حد ذلك الزمان أنها تمثل الكون بأشمله فضلا عن كونها الأشكال المثالية لتفسير حركة الكواكب في مداراتها.

لم يكـن لديه أي أساس أو إثبات نظري لما ذهب إليـه أول مرة ولم يسعفه في طفرته الجريئة تلك سوى النتائج الفعلية للقياسات التجريبية لتلك المدارات. مرت الأيام ودارت السنون ولم يأت (نيوتن) ليثبت صحة ما ذهب إليه (كبلر) ويفسره علميا بأنه النتيجة المباشرة لفعل جاذبية الشمس على مدارات حركة الكواكب حولها إلا بعد ما ينيف عن الخمسين عاما.

قانون كبلر الأول:

(قانون المدارات، 1609)

وينص على أن **حركة كافة الكواكب في نظامنا الشمسي تتم بمدارات إهليجية والشمس في بؤرتها.**

يعبر عن هذا القانون رياضيا كما يلي:

$$R_{aphelion} = a\,(1 + e)،\ R_{perihelion} = a\,(1 - e)$$

حيـث تمثل $R_{aphelion}$: المسافـة الفاصلة بين الشمس وأبعد نقطة يمكن أن يصلها الكوكب المعني في مداره الإهليجي حولها.

وتمثـل $R_{perihelion}$: المسافـة الفاصلة بين الشمس وأقرب نقطة يمكـن أن يصلها الكوكب المعني في مداره الإهليجي حولها.

ويمثـل a: المسافة الفاصلة بين بورة المدار الإهليجـي وأبعد نقطة يمكن أن يصلها الجرم في مداره (وتساوي نصف المسافة التي يمثلها طول المحور الكامل المار في بؤرة الإهليج وطرفاه يمسان أبعد نقطتين على مداره).

وتمثـل e: مقدار زيغ المدار الإهليجي (Eccentricity) ويُعرف الزيغ: بأنه مقدار مسافة الاستطالة الزائدة للإهليج مقارنة بالدائرة – علما أن مقدار زيغ أي دائرة يبلغ صفرا دائما.

تبلغ قيمة e لمدار بلوتو المعروف بالكوكب القزم (e= o.25)، ولمدار الزهرة (e=.0068) ممـا يعني أن مدارهما هو أقرب شكلا لمـدار دائري. أما مدار الأرض حول الشمس فله قيمة مقدارهـا (e = 0.017). ويمكـن تفسير طبيعة المـدار الاهليجي لـدوران الكواكب حول

الشمس اليوم بالاستناد إلى مبدأ التربيع العكسي الذي يتضمنه قانون نيوتن للجذب العام. ومن الجدير بالإشارة هنا إلى أن (مركز) الشمس هو ما يمثل البؤرة الأولى لمدار أي كوكب حولها... ولا يوجد أي جسم آخر يمثل بؤرته الثانية.

بالإمكان التعبير عن (قانون كبلر الأول) بدلا له ثابت الجاذبية الأرضية (G) ويساوي ($G = 6.67 x 10^{-11} N.m^2/kg^2$) وكتلة الشمس (M) وتساوي ($M = 1.9891 x 10^{30} kg$)[1]

$$r = \frac{l^2/GM}{1 + e\cos\theta}$$

حيث تمثل e: مقدار زيغ المدار الاهليجي كما سبق (eccentricity).

و l: مقدار الزخم الزاوي النوعي للجرم

(ويعني الزخم الزاوي لوحدة كتلته – ويزداد الزخم الزاوي لجسم دوار مع زيادة إزاحته الزاوية).

و r: حد متغير يساوي المسافة الفاصلة بين الكوكب وبورة مداره الاهليجي حول الشمس ويقع بالقرب من مركزها.

و Q: مقدار الزاوية ولها مجال حركة يبلغ (0–360) درجة.

في عام (1610) وبعد سنة واحدة فقط من نشر (**كبلر**) لقانونه الأول، اكتشف غاليليو بضعة أقمار تدور حول كوكب المشتري، طابقت جميعا توقعات ذلك القانون في مسارها الاهليجي حول ذلك الكوكب. وبعد سبع وسبعين سنة من ذلك التاريخ أي في عام (1687) استطاع (**نيوتن**) أن يثبت أن على أي جسم يدور ضمن مدار أي جسم آخر (كالشمس التي تجذبه بقوة تتناسب عكسيا مع مربع المسافة الفاصلة بينهما) لابد له أن يتبع مسارا يمكن وصفه بقطع مخروطي(أي أن يتخذ الشكل الاهليجي(Elliptical) أو القطع الناقص (Parabolic) أو القطع الناقص الفائق (Hyperparabolic).

(1) تبلغ كتلة الشمس حوالي 332،900 مرة بقدر كتلة الأرض (المترجم).

ومن الممكن جدا أن يكتسب أحد المذنبات السريعة جداً أثناء دخوله في مدار حول الشمس (علـى كمية كافية من الطاقة الحركية) بحيث يتخذ له شكل مدار (القطع الناقص) أو (القطع الناقص الفائق) ويغادر نظامنا الشمسي إلى غير رجعة بعد ذلك. وبناء على ذلك بإمكانك تخيل مصير الأرض المماثل (لا سمح الله)، إذا ما زادت سرعة دورانها بمعامل صغير قدرة 1.4 من سرعتها الحالية والذي سيجعلها تغير شكل مدارها إلى شكل (القطع الناقص) فتغادر بدورها النظام الشمسي منطلقة إلى أعماق الكون بلا رجعة كذلك!!.

قانون كبلر الثاني:

(قانون المساحات المتساوية، 1618)

وينص على **أن الخط الوهمي الواصل بين الشمس وأي من كواكبها لابد وأن يمسح عين المساحة خلال ذات الفترة الزمنية.**

لاحظ (كبلر) أن حركة الكواكب في دورانها حول الشمس تكون أسرع إذا كان الكوكب قريبا منها وبطيئا إذا كان بعيدا عنها، فإذا كان بعيدا عنها فإن المسافة التي سيقطعها من مداره خلال فترة زمنية معينة ستكون قصيرة بالمقارنة مع كوكب آخر يدور قريبا منها خلال ذات الفترة. وبصورة عامة فإن سرعة دوران أي جرم حول الشمس ستزداد باقترابه منها وتقل بابتعاده عنها.

ولإيضاح ما سبق بخصوص تساوي المساحات، دعنا نتصور الأرض وهي تنتقل في مدارها حول الشمس من النقطة (أ) إلى النقطة(ب) خلال يوم واحد مثلا وهما نقطتان عشوائيتان، ثم دعنا نرسم (أو نتصور) الخط الواصل بين النقطة (أ) والشمس ونتصور الخط الواصل بين النقطة (ب) والشمس. ففي هذه الحالة بإمكاننا تصور القطاع الاهليجي الخيالي الذي افترضناه (ويمكن تشبيهه مجازا بقطعة مثلثة اجتزئت من فطيرة أو بيتزا). إن مساحة القطاعات المفترضة في مسيرة الأرض حول الشمس ستكون متساوية كل يوم. ومن السهل

علينـا تصور ضـرورة تغيير أي كوكب لسرعته عند اقتراب مـداره من الشمس للحفاظ على مساحة المنطقة المعلومة ثابتة خلال وحدة الزمن التي ارتأيناها.

فهـم (نيوتن) قانون كبلر الثاني كمـا فهم الأول وفسره كنتيجة طبيعية لقانون حفظ الزخم الزاوي.

لقد اكتفى (كبلر) بقانونيه الأول والثاني ولم يعد بحاجة إلى استخدام الأشكال الهندسية الأكثر تعقيدا لتفسير طبيعة وأشكال مدارات الكواكب ومساراتها كالأشكال المسماة (بالإسقاطات الدائريـة)[1] والتي كـثر استخدامها من قبـل الفلكيين قبـل (كبلر). تمتاز المـدارات الكوكبية (الكبلرية) والمواقع الناتجة عنها بسهولة حسابها وبمطابقتها بدقة للمشاهدات الفلكية.

قانون كبلر الثالث:

(قانون دورات الكواكب الزمنية، 1618)

وينص على تناسـب مربع زمن دورة أي كوكب حول الشمس مع الأُس التكعيبي للمسافة الفاصلة بين مركز مداره الاهليجي وأبعد نقطة يصلها فيه.

وقـد يطلق على هـذا القانون أحيانا اسم (قانـون التناغم). ويعبر عن (قانـون كبلر الثالث) رياضيا اليوم بالمعادلة التالية والتي تكتسب شكلها وأهميتها من (قانون نيوتن في الجذب العام):

$$T^2 = \left[\frac{4\pi^2}{G(M+m)}\right]a^3$$

حيـث يمثـل T: الوقـت الـلازم لإكمـال دورة كاملة في المـدار (وقد تسمـى بالوتيرة – Period).

و a: المسافة الفاصلة بين مركز المدار الاهليجي وأبعد نقطة يصلها أي جسم في مداره.

و G: ثابت الجذب.

(1) Epicycloid: أو الإسقـاط الدائـري هو الشـكل الهندسي الناتج من حركة نقطة ثابتة على محيـط دائرة تدور (بثبات) حول محيط دائرة أخرى. (المترجم).

و M: كتلة الشمس

و m: كتلة الكوكب

وعلى سبيل المثال وما يقره الواقع فإن قيمة كتلة أي من الكواكب الدائرة حول الشمس نسبة إلى كتلة الشمس ذاتها تكاد تكون كمية تافهة جدا لا ضير من إهمالها في أي حسابات عملية، وعليه يمكن اعتبار مجمل القيمة المحصورة بين ضفرين كمية ثابتة للشمس بحيث تختزل الكمية T^2/a^3 إلى كمية ثابتة بذات القيمة لكافة كواكب مجموعتنا الشمسية وتبلغ (3.00 مضروبا في 10 مرفوعة إلى الأس السالب 19). ولا ضير من التأكيد والإشارة إلى أن قيمة (a) لم يكن لها حاجة ولا وجود أصلا حينما صاغ (كبلر) قوانينه.

وبعبارة أشمل فقد وجد كبلر أن مربع (سنة) أي كوكب لابد وأن تساوي مضاعفا صحيحا لمكعب المسافة التي تفصله عن الشمس. وعليه لابد أن (تطول) سنة الكواكب البعيدة عن الشمس و (تقصر) سنة الكواكب القريبة منها، فعلى سبيل المثال تبلغ سنة الكوكب القزم (بلوتو) أبعد أفراد مجموعتنا الشمسية ما مقداره (90،410) يوما أرضيا، أي ما يعادل (247) سنة أرضية وثمانية أشهر على حين تبلغ سنة عطارد أقرب كواكب مجموعتنا الشمسية إليها ما لا يزيد عن (88) يوماً أرضياً.

قوانين كبلر (نظرة عامة):

لقد كان لقوانين (كبلر) الكثير من التطبيقات العملية العامة إضافة إلى أصل اشتقاقها لغرض تفسير حركة الكواكب حول الشمس. فلقد استفاد منها (نيوتن) كل الاستفادة لغرض إنجاز قوانينه في الحركة وفي الجذب العام والتي حوت اعتمادا ضمنيا بينا عليها. كما تنطبق توقعاتها على الأقمار الصناعية كالتي دأبت ناسا (NASA) على إطلاقها إلى الفضاء. وفي مثل هذه الحالات تحل الأرض محل الشمس كالجسم أو الكتلة المركزية التي تدور حولها الأقمار الصناعية في مداراتها. ومن نافلة القول أن نذكر أن على القمر أن يكون على بعد كاف يحرره من خطر الانزلاق إلى داخل المدار نتيجة تأثير الجاذبية العمودية عليه، وبناء على

ذلـك يتحتم عليـه البقاء في مداره وإلا تحولت طاقته الحركيـة باحتكاكه بالغلاف الجوي إلى طاقة حرارية أدت إلى احتراقه وتدميره.

لـن نظلم (كبلر) ولا قوانينه إن انتقدناها بقلـة الدقة فلا يرتقي أي منها إلى دقة وصف حركة الكواكب ولا أقمارها في مداراتها حول الشمس لسبب بسيط هو إغفالها (أو إهمالها) أي تأثير لأي نوع من أي جاذبية أخرى قد تؤثر عليها (كتأثير جاذبية الكواكب بعضها على بعض مثلا).

يتأثـر القمـر في مداره حول الأرض لا بالأرض فقط، وإنما بالشمس أيضـا. وقد يُغفل تأثير الكواكـب بعضها على بعض للأغراض العملية عمدا وذلك لضخامة جاذبية الشمس وكتلتها نسبة للكواكب التي تدور حولها، ولكننا عند دراستنا بدقة للعديد من النظم الأخرى كالمدارات التي تشكلها شمسان في نظام شمسي (ثنائي) مثلا، لابد لنا أن نأخذ كتلتيهما بنظر الاعتبار.

افترض (كبلر) في كافة تصوراته وحساباته وجود شمس ثابتة تدور كواكبنا جميعها حولها ولكـن الحقيقة والواقع قد أثبتا غير ذلك، فكلا الشمـس وأي من كواكبها لابد وأن يدوران حول نقطة مركز كتلة (الاثنين) معا والتي بالضرورة لا يجب أن تكون في مركز الشمس ذاتها فقـط، وعليـه كان لزاما على العلماء والفلكيين - وقد قاموا بذلـك فعلا - أن يدخلوا بعض التعديلات على (قانون كبلر الثالث) لجعله أكثر دقة ومقاربة للواقع.

لا يجـب علينا وفي أي حـال من الأحوال إغفال فضل (كبلـر) في استنباطه لقوانينه والتي تعتبر من بواكير القوانين العلمية المهمة التي تفخر البشرية بحيازتها، أضف إلى ذلك أن الصياغة الدقيقة لها كانت الحافز المؤثر والقوة الدافعة لبعث الشعور العارم وإذكاء القابليات الفذة لتفسير التصرف (الواقعي) للحقيقة عن طريق استعمال قوانين محكمة غاية في الدقة والاختصار.

تعتبر قوانين كبلر - يشاركها في ذلك قانون نيوتن في الجذب العام - الأسس الحقيقية بلا منازع لميكانيـكا علم الفضاء والنجوم، على أن لا ننسى في هذا المجال التعديلات الطفيفة التي أدخلها (انشتـين) عليها في ابتكاره لنظريته العامـة في النسبية. آمن (كبلر) ومنذ وقت مبكر بضرورة بل وبإمكانية التعبير عن حركة الكواكب والأجرام السماوية بمعادلات محكمة بسيطة، وبالفعل فقد نجح من خلال إبداعه لقوانينه الثلاث على اختزال آلاف السنين من المشاهدات الفلكية.

للفضوليين فقط:

• لم يعمـد (كبلر) إلى ترقيم قوانينه الثـلاث وإنما كان رجلا شديد الولع بعلم التنجيم إلى الدرجـة التـي دفعته في عام (1604) وهـو العام الذي ظهرت فيـه أول مشاهدة مفاجئة لما يعـرف الآن بالنجم (المنفجر - Nova) إلى التصريح بأن ما تم هو عبارة عن آية من آيات الله (جل وعلا) لتشجيع سكان أمريكا الأصليين على اعتناق المسيحية، وعمل جاهدا على دعوة كافة المذنبين للتوبة.

• يعتـبر الكثيرون (كبلر) الموجد الحقيقي لعلـم البصريات الحديث معتمدين في ادعائهم هذا على حقيقـة اقتراحه للنظرية الشعاعية للضوء والتي فسـرت طبيعة تكوين صور الأشياء على شبكية العين.

• كما يعتبره الكثيرون أيضا أول من فسر حقيقة ضرورة وجود العينين لإدراك البعد الثالث عند النظر.

• كتب قصة بعنوان (الحلم) والتي تعتبر من أقدم نماذج قصص الخيال العلمي.

من أقوال العظماء:

منـذ وقـت طويل وأنا أحلم أن أكون قسيسـا أدعو إلى الله، ولم أعرف طعم السـعادة ولا الاسـتقرار خلال بحثي عن ذاتي بتلك الفكرة. ولكنني توقفت أخيرا وتخليت عنها تماماً ووجدت ضالتي واستقرت مشاعري...

لقد وجدت في علم الفلك ما أبتغيه، ليس الطريق إلى الله وحسـب ولكن الوسـيلة لدعوة الناس إليه أيضا.

كبلر

Johannes Kepler، 1595 letter to German astronomer and mathematician Michael Maestlin

مقتطف من رسالته إلى الفلكي والرياضي الألماني (ميشيل مايستلن).

يُذكـر (كبلر) اليوم لفضلـه في وضـع قوانيـنه الثلاث في حركة الكواكب، ولكـن الحق يقال إن ذلك

العمل – على عظمته – يكاد لا يقارن بفضله وجهده في بحثه الأشمل لإثبات تناسق الكون وتناغمه. لقد ترك لنا (كبلر) نظاما (فلكيا) شمسيا موحدا فاق بمئة مرة ما سبقه دقة وثباتا.

Owen Gingerich، (Kepler)، in Dictionery of Scientific Biography

مقتطف مما كتبه (أون كنكريش) عن (كبلر) في معجم سير العلماء الذاتية

لا ينبغي لنا بعد الآن استغراب إمكانيات هذا الكائن البشري المتواضع الذي استطاع، وعن جدارة اكتشاف ما لم يقو الأوائل حتى على إدراكه. فلقد استطاع بفهمه ودقة حساباته التوصل إلى لذة التعرف على الله (عز وجل) وذلك عن طريق إدراك (الرياضيات) وهي الوسيلة التي حكم بواسطتها (تبارك وتعالى) الكون وما فيه.

كبلر

Johannes Kepler، Hermonice mundi (Harmony of the World)، 1619.

مقتطف من كتابه (التناغم في العالم).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولد [يوهانز كبلر (Johannes Kepler (1571–1630)]، الفلكي والكاهن والمنجم الألماني الذي اشتهر بقوانينه التي وصف بها مدار الأرض الإهليجي وغيرها من الكواكب حول الشمس، في مدينة (فيل در ستادت – Weil der Stdt) في ألمانيا، تلك المدينة الساحرة التي أسهب (ماكس كاسبر–Max Caspar) مؤلف كتاب [كبلر – Kepler] في وصف جمالها الأخاذ ومناظرها الخلابة خلال فترة وجود (كبلر) فيها، حين قال:

> ((يا ليتك تشاهد، بدل أن تسمع عن هذه المدينة الفاتنة ذات الشوارع الصغيرة الرشيقة والمنازل الجميلة المميزة بسقوفها المثلثة العالية وأبراجها المدببة الآسرة (والتي أحاطت بسوق المدينة الفسيح النظيف الغني بما لذ وطاب). لقد ارتمت هذه (الأعجوبة) بل هذه (الجوهرة) في أحضان الطبيعة الخلابة، ونامت على أعتاب (الغابة السوداء) مطمئنة ومصانة بسورها المنيع ذي الأبواب المحصنة، محاطة بالحدائق الغناء والمروج الخضراء والحقول النظرة والغابات المثمرة)).

دفـع تمسك كبلر الشديد والتزامه (باللوثريـة – Lutheranism)[1] ورفضه التحول إلى الكاثوليكيـة، إلى الانتقـال من مكان إلى آخر هربا من الاضطهـاد خلال فترة حياته مضحيا بالكثير ومُعرضا نفسه وسلامته للخطر، ووظيفته للضياع.

أظهـرت اعترافات (كبلر) المكتوبة أنه كان يعيش ضمن عائلة بسيطة بائسة، فكثيراً ما كان يصف والده هنريخ (بذي الميول الإجرامية) فقد التحق بمعسكرات المرتزقة حينما بلغ كبلر الثالثة مـن عمره، وفي عام (1588) هجر ولده الصغير إلى غـير رجعة تاركا مكان الأب شاغرا في شخصيـة (كبلر) الصغير وكيانـه. أما أمه (كاثارينـا –Katharina) فكثير مـا كان يصفها بالعصبيـة وبالعنـاد وبذات المزاج السيء ولم يظهر أنه كان يكـن لها حب الأطفال لأمهاتهم، ولكـن الأحـداث تخبرنا بأنه كان قد هـب حينما احتاجت إليه لنجدتهـا عندما وصلت إلى مقصلة التعذيب، وخُيِّرت ما بين الموت حرقاً وما بين أن يطير رأسها وما بين الاعتراف!!.

لقـد اتهمت كاثارينا عام (1617) بممارسة السحـر وهي أشنع تهمة يُمكن أن يوصم بها شخص في ذلـك الزمان. لم يتخل (كبلر) عنها وأمضى الشهـور الطوال وهو يحضر مرافعة الدفاع القانوني عنهـا، وبعد معاناة طويلة نجح في مسعاه وأُطلق سراح والدتـه. لم تكن جلسات محاكمـة (كاثارينا) بالهنية فقد أراهـا ممثل الادعـاء الويل حينما شرع بعرضها على العديـد مـن آلات التعذيب الشنيع، وهددها بقسوته في استخدامها وضغط عليها بأسئلته المحرجة محاولا دفعها قسرا للاعتراف بجرمها.

يصـف (جيمس ا. كونـور – James A. Connor) مؤلف كتاب (ساحرة كبلر) تلك الحقبة الأليمة وما مر به (كبلر) نفسه من حالات نفسية وذهنية عصيبة قائلا:

((بعـد الضـغط والإجهاد البدنيـين، جرّب جلاد (كاثارينـا كبلر) أن يدفعها للانهيار النفسـي لتعـترف؛ فبدأ باسـتعراض آلات القهر والعـذاب أمامها، فهذه المخارز التـي تخترق الجلد إلى العمق، وتلك خشبة الشد لفصل الأطراف عن الجسد واحداً بعد الآخر، وهناك أدوات الوشم

(1) Lutheranism – نسبـة إلى (مارتـن لوثـر) السياسي الألمـاني الذي أدت تعاليمـه إلى إيجاد المذهـب البروتستانتي خلافا للكاثوليكية الرومانية وبذلك قسم المسيحية الغربية إلى قسمين. (المترجم).

الحديدية التي سيحمى عليها في نار العذاب حتى يحمر لونها... مر الوقت بطيئا ثقيلا و(كبلر) يلاحظ كل ذلك ويسجله لاستخدامه في دفاعه، وقد استشاط غضبا لا سبيل إلى تنفيسه فكظمه وتمسك بالصلاة والدعاء عسى أن تنجلي عنه وعن والدته تلك الغمة. لقد مر (كبلر) بتلك المحنة الحقيقية وكان قد بلغ عامه التاسع والأربعين، وقد كان [(مع غاليليو غاليلي) من أعظم فلكيي عصره وأحد أباطرة الرياضيات الذي مكنته عبقريته من حساب المدارات الصحيحة للكواكب والكشف عن خفايا قوانين العدسات للعالم]، ولم يهن أو يستسلم في محاولاته لإيقاف الاستجواب، بل كان عنيدا صلبا بلا هوادة وفي ذلك أثبت أنه (ابن والدته حقاً!)).

تم الإفراج أخيرا عن كاثارينا وانجلت غمتها في عام(1621) ويعود سبب ذلك لدفاع ولدها المستميت عنها، وإصرارها العجيب على عدم الاعتراف رغم ما عانته من ويلات وما رأته من تنكيل تحت طائلة التهديد بالتعذيب المريع.

اعترف (كبلر) بأن طفولته لم تمر بهدوء وسكينة فكثيراً ما كان (يُساء إليه)، فنشأ بشخصية مهزوزة لا ثقة لـه بنفسه فاعتقد أنه بشع الهيئة، دميم المنظر... وكان قد عانى معظم إن لم نقل كافة إخوانه وأخواته من غياب الأب ومشاكل الأم فلم يسلم أحد منهم من العلل النفسية أو البدنية فأصيب هو بتقوس الساقين (الكساح) وببعض الأمراض الجلدية كالدمامل وعانى من ضعف البصر لبقية حياته.

برزت عبقرية (كبلر) بقابليته الفذة على مقارعة ظروف حياته الصعبة والتغلب عليها منذ نعومة أظفاره، وبرغم الحياة الأسرية السامة التي عاشها فقد استطاع أن يحب المطالعة. درس علم الفلك في جامعة (توبنكن – Tubingen) ولم ينجح بمعدل أقل من الامتياز قط، حتى قُبل في الدراسات العليا وحصل على درجة الماجستير في عام (1591)، وبالنظر لظروف نشأته فقد صمم على دراسة علم اللاهوت(1) والانخراط في سلك الكهنوتية ليصبح قسا في كنيسة، ولكن مدرسيه ورآسة مدرسته في مدينة (كراز – Graz) في النمسا لم يألوا جهدا عن

(1) هو علم دراسة الإلاهيات دراسة منطقية عقلانية وهو الأسلوب الذي اتبعه علماء الدين المسيحيين لفهم الدين ولمقارنته ببقية الأديان والتقاليد الأخرى.
ينقسم علم اللاهوت إلى عدة أقسام وفروع كاللاهوت العقائدي والأدبي والتاريخي والفلسفي والطبيعي وغيرها. (المترجم)

محاولـة ثنيه عن دفن عبقريته وقابلياته في ذاك الطريق العقيم. وأخيرا استطاعوا إقناعه بدراسة الرياضيات وتدريسها في المدرسة اللوثرية[1] العليا الأمر الذي أدى فعلا إلى انتقاله إلى النمسا وحصولـه على منصب الأستاذ لتدريس الرياضيات وأعمال فرجيل[2]، ومن طريف ما يُذكر عنه أنه كان قد اشتغل بالتنجيم وقراءة الطالع ومعرفة المستقبل أثناء فترة بقائه في مدينة (كراز) الأمـر الذي جعله معروفاً بالتنبـؤ حول بعض الأحداث في العديد من المواضيع المختلفة التي تراوحت ما بين التبوء بالطقس إلى استشراف الأحداث السياسية، ولقد ساعده حسن طالعه في ذلك، فصدقت معظم نبوآته الأمر الذي رفع من منزلته ودرجة احترامه لدى السكان!

ألف (كبلر) بعض الكتب التي عكس من خلالها وجهات نظره. فقد ذكر في كتابه الموسوم (القواعد الحقيقية لعلم التنجيم – De Fundamentis Astrologiue Certioribus) والمنشـور في عام (1601) والذي أفصح فيه عـن ميوله المتشككة بعلوم التنجيم التي كانت رائجة في ذلك الزمان قائلا: (لا أعتقد بوجـود أساس علمـي حقيقي للتنجيـم وقراءة الطالع فـإني جـازم الاعتقاد بأن للحظ دورا كبيرا في مساعدة كل مـن يمارسه حتى وإن صدق، ولا غرابة في فشل معظمهم في أقوالهم وتوقعاتهم). وفي كتاب آخر بعنوان (التعرف إلى النجوم – Tertius Interveniens) نشـره في نفس العام، أعـرب عن وجهتي نظر متضاربتين حـول الموضوع حين قال: (إن لعلم التنجيم لغرابـة وإن لممارسته لسحر، فلا أعتقد أن على المفكـر الحصيف أن ينفي تماما احتمـال بزوغ الحكمة والذكاء وإحاطة القداسة بعلم التنجيم حتـى وإن ظهر موضـوع مليء بالغموضـ غـارق في الأساطير والخرافـات، فقد تستطيع الدجاجة المجتهدة أن تنقب عن... وتجد حبة الذرة الذهبية داخل أكوام القمامة النتنة).

فسر (كبلـر) خلال حياتـه كلهـا شغفـــه بالعلـم وابتكـاره للأفكـار المبدعة وكامـل

(1) نسبة إلى القس لوثر – راجع الحاشية في الصفحة قبل السابقة.

(2) Publius Vergilius Maro– (70ق.م. – 19ب.م) شاعر روماني كلاسيكي عُد واحدا من أعظم شعراء الأمبراطورية، واعتـبرت (الانيـادة – Aeneid)– التي نظمها – إرثا وطنيا خالدا. بدأ حياته بدراسة الطب والفلك ثم تركهما إلى دراسة الفلسفة وقرض الشعر. وفرجيل (في الميثالوجيا الإغريقية) هو اسم الملاك الذي اصطحب الإنسان إلى باطن الأرض ليريه الجحيم وأساليب وطرق تعذيب الكفار فيه. (المترجم).

دوافعه بأنها نابعة من رغبته الصادقة بالتعرف إلى الله (عز وجل) من خلال إيمانه به، فقد جاء ضمن ما ذكره في كتابه الموسوم:(الأسرار المقدسة للكون – The Sacred Mystery of the Cosmos) والمنشور في عام (1596) ما يلي: (كلي اعتقاد بتدخل وساوس الشيطان وتداخلها بأعمالي وذلك لأني بالصدفة، وبالصدفة فقط كنت قد توصلت إلى ما لم أتمكن من الوصول إليه بالجهد والاجتهاد المستمرين. كما أعتقد أن نجاحي لم يكن ليتحقق لولا صلواتي المستمرة وابتهالاتي إلى الله (تبارك وتعالى) بأن يمن علي به).

استمد (كبلر) معظم تصوراته عن نظام الكون من دراساته المستفيضة للأشكال الهندسية المجسمة المتناظرة في الفراغ. تسمى مثل تلك الأجسام بالبلاتونية (Platonic)[1] والتي سبق التعرف عليها ووصفها من قبل الرياضي الإغريقي الفذ [اقليدس – Euclid (325-265 B.C.)][2] والذي أثبت أن خمسة منها فقط تتمتع بأسطح متطابقة هي المكعب والهرم ثلاثي الأوجه ومجسم المعين ذو ثمان أوجه والخماسي باثني عشر وجهاً والمجسم بعشرين وجه مثلث. وعلى الرغم من غرابة ما تبدو عليه اليوم نظرية (كبلر) ومحاولاته لحساب المسافات الفاصلة بين الشمس وكواكبها، إلا أنه من المناسب أن نذكر أنه حاول التوصل إلى ذلك عن طريق دراسة أحجام وأبعاد الكرات التي يمكن إنشاؤها داخل تلك المجسمات آنفة الذكر، فعمل جاهدا على رسم العديد من تلك الكرات الواحدة داخل الأخرى كحلقات البصل، فقد تصور ورسم مدار أقرب كواكب الشمس إليها، وهو عطارد وهو يدور في ضمن سطح أقرب كرة تحيط بالشمس... وهكذا. ومن الجدير بالذكر أن الكواكب التي كانت مكتشفة في زمانه لم تتعد عطارد والزهرة والأرض والمريخ والمشتري وزحل، فلم يكن اورانوس ونبتون وبلوتو وأقماره قد اكتشفوا بعد!

(1) Platonic– نسبة إلى الفيلسوف الإغريقي القديم [(بلوتو – أو أبو فراط)– Plotinus (204-270 A.D.)) وهي عبارة عن خمسة أشكال مجسمة بأوجه متطابقة يلتقي نفس العدد منها عند كل رأس ويشتق اسم كل منها من عدد أو جهة وهي 4 و 6 و 8 و12 و 20 على التوالي. لقد سلبت هذه الأشكال ألباب المهتمين بالهندسة لجماليتها وتناظرها. (المترجم).

(2) Euclid– أو اقليدس من الإسكندرية (حوالي 300 ق.م) رياضي إغريقي عاش فترة حكم بطليموس (323-283 ق.م.) ولقب بأبي الهندسة. ألف كتاب (العناصر)، أشهر كتاب في تاريخ الرياضيات والذي ظل يُدرس منذ تأليفه وحتى نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين وهو ما سمي بكتاب الهندسة الإقليدية، وقد بناها على عدد من الفرضيات. له كتب أخرى عديدة في المنطق والمقاطع المخروطية والهندسة الكروية ونظرية الأرقام. (المترجم).

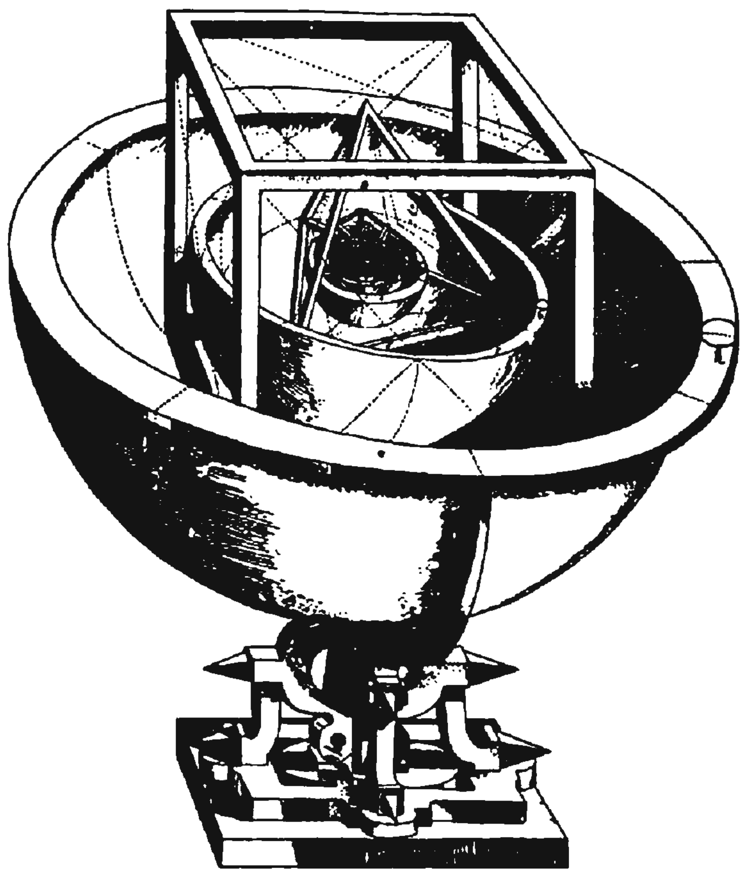
وإليك مختصر لكيفية تفسير (كبلر) لمسار الكواكب في دورانها حول الشمس وفق تصوره لنمـوذج الأجسام البلاتونية المجسمـة وتطبيقاتها على نظامنا الشمسـي كما جاء في كتابه (أسرار بناء الكون – Mysterium Cosmographicum):

((علينا أولا وقبل كل شـيء استبعاد كافة الأشكال غير المنتظمة من تصوراتنا وحساباتنا وذلك ببسـاطة لأننا مهتمون بالخلق المنتظم في الكون. فما يتبقى لنا بعد ذلك هي الأشـكال المجسـمة الستة المتمثلة بالكرة والمضلعات المجسمة المنتظمة الخمسة الأخرى. تماثل الكرة السماء من فوقنا ويماثل نظامنا الشمسـي كامل الكون بأشكاله المجسـمة المنتظمة الست المذكورة، وعليه فلابد لكوننا المنتظم أن يكون قد خُلق على نمط تلك الأشكال، فلا يوجد إلا ست كواكب لا غيرها.

ولإيضاح ذلك فإنني أُقسّم الأشكال المجسمة المنتظمة (عدا الكرة التي بنيت على هيأتها السـماء وانعكس ظلها على الأرض فصارت هي الأخرى كرة على شاكلتها وتدور في مدارها) إلى قسـمين، يقع ضمن الأول (وهو القسـم الأكبر) ثلاثة مجسمات وينضم إلى الثاني (وهو القسـم الأصـغر) مجسمان – يحتوي القسـم الأكبر على المكعب ذي الستة أوجه (الهيكسـاهيدرون – Hexahedron)، والهرم ذي القاعـدة ثلاثي الأوجه (التتراهيدرون – Tetrahedron) والمجسم ذي الاثني عشر وجها مضلعا خماسيا (الدوديكا هيدرون – Dodecahedron)، ويحتوي القسـم الأصـغر على المعين المجسـم بثماني أوجه مثلثـه (الاوكتاهيـدرون – Octahedron)، والمجسـم ذي العشرين وجها مثلثا (الآكوزا هيدون – Icosahedron)، (انظر الشكل التوضيحي أدناه) وعليه ولاعتبار أهم جزء في الكون وهي الأرض – حيث عكس الإله (سـبحانه) صورته بخلقه الإنسان على شاكلته فيها – فلابد لها أن تكون الفاصل بين المجموعتين من جهة، وأن تتخذ شكل السماوات العُلا أي أن تدور بمدار كرة كالسماء تماما (حيث الإله سـبحانه) وينتج عن ذلك ضرورة تواجد أشكال المجموعة الأولى قبل الأرض، وتواجد أشـكال المجموعـة الثانية بعدهـا وأبعد منها. وبنـاء على ذلك فإني قـد هديت إلى الحل النهائي لمعمار الكون، فمن الأعلى إلى الأسـفل أو من الخارج إلى الداخل ينتظم المكعب

ليمثل زحل، والهرم الثلاثي ليمثل المشتري الذي يليه، ثم المجسم ذي الاثنى عشر وجها والهرم الثلاثي ليمثل المريخ. ثم تأتي الأرض على شاكلة السماء لمدارها الكروي، وإلى الداخل منها الزهرة لتتخذ شكل المجسم ذي العشرين وجها. وأخيرا يأتي الجرم الأقرب إلى الشمس، وهو عطارد بمداره الذي يشبه المعين المجسم بثماني أوجه مثلثة)).

ولغرض توضيح آرائه وإثبات نظريته عمد (كبلر) إلى رسم المخطط، (ووضع المجسم) الذي يُبين الكرات المرسومة داخل الأشكال البلاتونية المجسمة المتدرجة في الصغر.



نموذج يوهانز كبلر البلاتوني المجسم للنظام الشمسي نشر في كتاب أسرار بناء الكون (Mysterium Cosmographicum) المنشور عام (1596)

فبعد السماء الكروية التي تحيط به يأتي المكعب، داخل المكعب كرة يليها الشكل المجسم

التــالي وهو الهرم الثلاثــي تليه كرة أخرى يليها المجســم ذو (12) وجها المنتظم والذي يمثل الفــراغ بــين المريخ والأرض، ثم يليه ذو (20) وجها الذي يمثــل الفراغ بين الأرض والزهرة وأخيرا يأتي المجسم المنتظم المعين ذو (8) أوجه الذي يحتل الفراغ ما بين الزهرة وعطارد... لقد مثّلت الكرات (لكبلر) الفراغات المنتظمة الفاصلة بين الكواكب.

ولو استثنينا ما توصلنا إليه اليوم من علوم متقدمة في الفلك ولو أجرينا القليل الضئيل من التنازلات المنطقية والرياضية لوجدنا أن نموذج كبلر (الغريب!) سالف الذكر كان قد مثل آنئذ توصيفا مقاربا مقبولا جدا لنظامنا الشمسي آخذين بنظر الاعتبار المعلومات الفلكية المتوفرة في زمنه.

لقــد أتحف (كبلر) عمله ونماذجه بالعديد من القوانين والمعــادلات التي بيّنت علاقة الفترة الزمنية اللازمة لكل كوكب لإكمال دورته حول الشمس (أي لإكمال سنته الكوكبية الخاصة بــه وحسب بُعده عن الشمس)، وقد بين بوضوح أن سنة الكواكب الأبعد عن الشمس لابد وأن تكون أطول من سنة تلك الأكثر قربا منها. لقد أوعز (كبلر) تلك الظاهـرة لضعف (القوة الدافعة الشمسية) كلما ابتعدت الكواكب في مداراتها عنها.

ذكر (اون كنكريش – Owen Gingerich) في معجم سير العلماء الذاتية أهمية الخطوة التي خطاهــا (كبلر) في تقدم الفيزياء والمفارقة التي صاحبت كتابه وذيوع شهرته ما نصه:

> **((لا يشــك أحد اليوم بالأغلاط العلمية البينة التي جاء بها كتاب (كبلر) المعروف باســم (أسرار بناء الكون)، والذي أمكن اعتباره الكتاب الوحيد الذي تمكن بالرغم من الأخطاء الجســيمة التي تضــمها، أن يؤثر ويوجه منحى العلم الحديث. كما لا يشك أحد أيضا بأن أهميــة (كبلر) ومنزلته العلمية العالمية اليوم لابد وأن تكون قد نبعت من حقيقة كونه أول من أسس لاستخدام التفسيرات الفيزيائية ووجوب توظيفها لتفسير الظواهر الكونية)).**

وللأحبــاء القراء المهتمين بالاستزادة في معرفة طبيعة الأجســام (البلاتونية) والتعرف على صفاتها وضعت الجدول رقم (3) والذي يتضمن اسم كل جسم منها وعدد أسطحه وشكلها وعدد الأسطــح المتقابلة بالرؤوس وعدد رؤوسها وعدد أحرفها (حافاتها: والحافة هي الخط المشــترك بين كل سطحين متجاورين فيهــا) و (محتويها) ويعني بذلك الشكل البلاتوني الذي

يمكن أن يُرسم خارجها بتوصيل مراكز أوجهها جميعا مع بعضها.

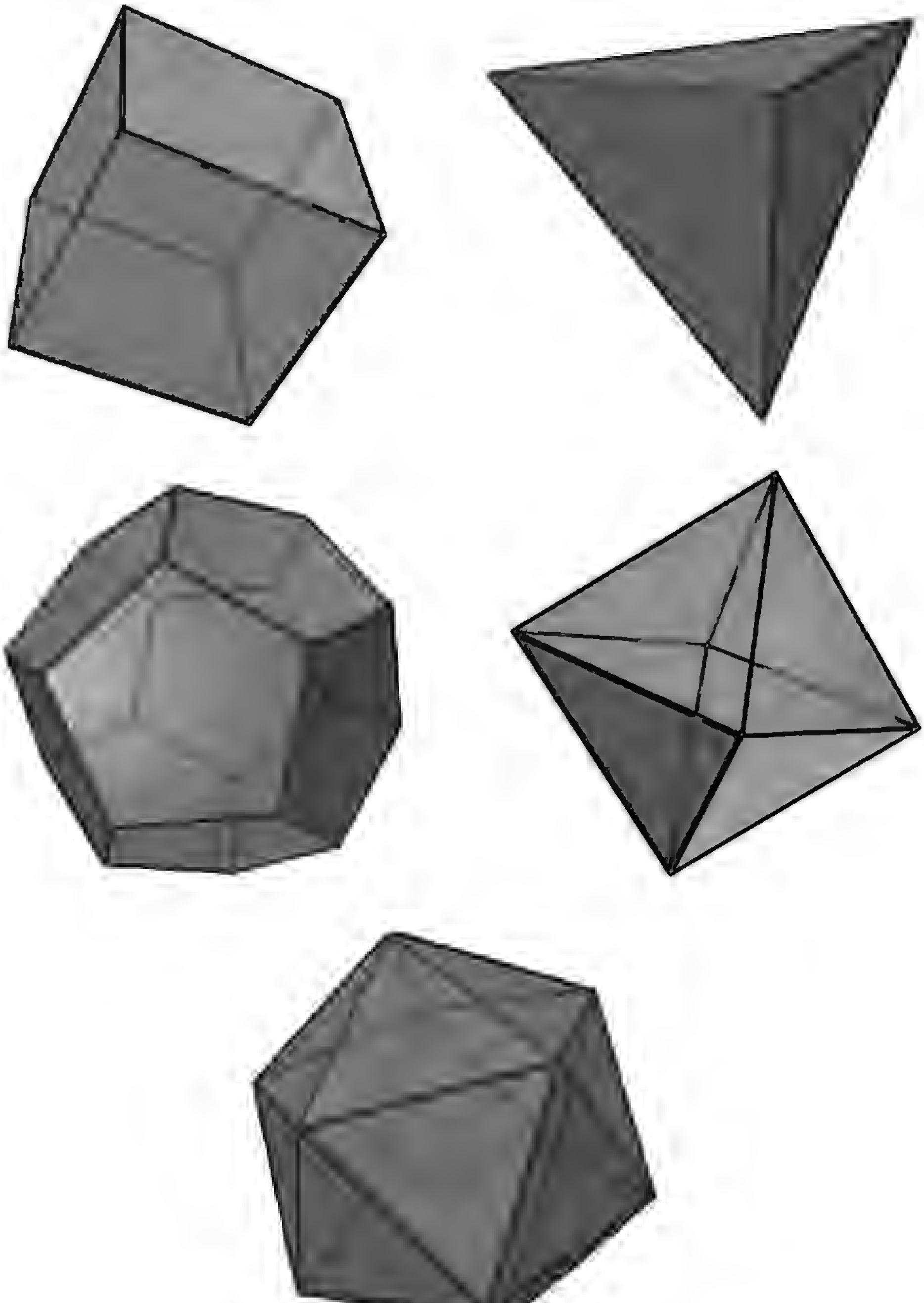
يعـود تاريخ الأجسـام البلاتونية ونسبتهـا إلى أفلاطون الذي وصفهـا في كتابه الجليل الـ (تيمايوس Timaeus)[1]، والمعروف باسم الـ (سركا– Circa)[2] حوالي سنة 350 ق.م

الجدول رقم (3)

أسماء وخصائص الأجسام البلاتونية							
اسم الجسم	اسمه باللاتينية	عدد الأسطح	شكلها	عدد الأوجه عند القمة	عدد الرؤوس	عدد الأحرف	محتويها
هرم ثلاثي بقاعدة	Tetrahedron	4	مثلث منتظم	3	4	6	هرم ثلاثي بقاعدة
مكعب	Cube	6	مربع	3	8	12	معين مجسم ثماني الأوجه
معين مجسم ثماني الأوجه	Octahedron	8	مثلث منتظم	4	6	12	مكعب
مجسم ذو 12 وجها خماسي منتظم	Dodecahedron	12	خماسي منتظم	3	20	30	مجسم ذو 20 وجهاً مثلث منتظم
مجسم ذو 20 وجها مثلث منتظم	Icosahedron	20	مثلث منتظم	5	12	30	مجسم ذو12 وجها خماسي منتظم
يتضمن ـــ الأجسام (البلاتونية) الخمسة ومواصفاتها ومحتوياتها.							

(1) Timaeus – كلمة إغريقية مرادفة لصفة (الشرف والعلو والسؤدد) بمعنى الشرف وقد أطلقت اسما. (المترجم).

(2) الكتـاب الذي ألفه أفلاطون وجاء فيه على ذكر الأجسـام الثلاثة وتعنى باليابانية التنانين الأسطورية الثلاثة (يو– جي – او// Yu – Gi – Oh). (المترجم).



مجسم الأشكال (البلاتونية) الخمسة

ولقد تعرف الرياضي الإغريقي الشهير فيثاغورس والذي عاش في مدينة (ساموس – Samos) حوالي سنة 350 ق.م. (والذي كان قد عاصر كل من بوذا و كونفوشيوس)، على ثلاثة من تلك المجسمات المنتظمة الخمسة وهي (المكعب والهرم والمجسم ذي الـ (12) وجها خماسي منتظم).

ومن الجدير بالذكر أن بعض أشكال الأجسام (الأفلاطونية) تلك كانت قد وجدت منقوشة على صخور قديمة في أسكوتلاندا وقُدّرت أعمار إقامة دوارسها بما يقارب الألف الثانية ق.م.

لقد بعث كبلر في كتابه (أسرار بناء الكون) الحياة في الفكرة الإغريقية القديمة القائلة بوجود خالق للسماوات يحكمها بواسطة قوانين هندسية بسيطة. ولقد حاول كذلك مشاركة حكماء وعلماء زمانه أفكاره فأرسل في عام (1597) نسخة من كتابه ذاك إلى (غاليليو) الذي لم يعره اهتماما كافيا، وأجاب (كبلر) بأنه لم يطلع إلا على المقدمة. كما أرسل نسخة منه إلى (تايكو براه – Tycho Brahe)، والذي أشاد بذاك العمل وقد أعجبه بالخصوص مبادرته (لنسج وإنشاء) الأشكال المجسمة متعددة الأوجه ووصف فكرتها (بالاستنباط الذكي).

ذكر الكاتب (كنكريش – Gingerich) الشيء الكثير عن معاناة كبلر في زواجه وحياته الاجتماعية وتبرمه بحياته الخاصة وإليك مقتطف مما كتبه:

((مارس كبلر (التعاسة) حتى عهدها وتعود عليها وعاشر الحزن في حياته حتى ألفه وحن إليه، وظن أن في زواجه الثالث من فتاة أحلامه (باربارا مولر – Barbara Muller) سيكون بلسمه الشافي بعد أن ترمل مرتين قبلها وقاسى الأمرين من الوحدة والبؤس من زيجاته وبدونها!. إلا أن طالعه السيئ أبى إلا أن يشابه حظ العلماء العاثر في حياتهم الخاصة، فسرعان ما ملها بعد أن تبخرت أيام سعادتهما الأولى فصار لا يطيقها بعد أن أدرك ضحالة تفكيرها وبساطتها وعدم معرفتها بما يجول بخاطره فضلا عن مشاركته بأفكاره وفهمها وتشجيعه على الاستمرار بها. وقد بلغ تبرمه بها أن وصفها (بالبدينة، البليدة والمضطربة عقلا وعملا) ومما زاد في محنته وأساه فقدانه لاثنين

من أولاده في وقت مبكر، الأمر الذي انعكس سلبا على حياته وزاد من طينتها بلّة)).

بدأ كبلر حياته المهنية عام (1600) كأحد مساعدي (براه) وعضواً في فريق بحثه في قلعته ومرصده قرب مدينة براغ (Brague). هناك اجتهد (كبلر) في دراسة كوكب (المريخ) في مداره، ولما توفي براه في العام التالي (1601) عُين (كبلر) خلفا له وحاز على منصبه كالرياضي المتميز في ذاك المرصد. لقد شغلت (الشمس) وكيفية سيطرتها على حركة الكواكب حولها باله ولم تغب محاولة تفسير تلك الظاهرة عن ذهنه، وأخيرا اهتدى إلى فكرة قابلية الشمس على توليد نوع ما من القوة المغناطيسية الهائلة والتي لها قدرة السيطرة وتسيير الكواكب من حولها. لقد كان كبلر دائم التفكير بأن عظمة الكون وبساطته ودقته لابد وأن تشابه - وبشكل ما - ساعة عظيمة دقيقة الحركة مضبوطة السياق، تعتمد في حركتها على قوى مغناطيسية من نوع ما عليه اكتشاف كنهها وتفسير ماهيتها فكتب يقول: (لابد وأن تكون حركة الكون في جوهرها - والكون في زمانه لم يكن يتعدى الشمس وكواكبها الست من حولها حسب المفهوم العلمي والكنسي المقبول آنذاك - متأثرة بقوة مغناطيسية تسيرها كما تنتج حركة كافة أجزاء الساعة من الثقل البسيط المعلق بها).

وبعد ثلاث سنين من العمل الجاد تمكن كبلر من التوصل إلى صياغة قوانينه الشهيرة الثلاث والتي فسر بموجبها حركة الكواكب حول الشمس، رغم عدم إدراكه الصحيح لكنهه الجاذبية ولا لطبيعتها وطريقة عملها، الأمر الذي استوجب الانتظار لسنين طوال قبل أن يأتي (نيوتن) ويكشف ما غاب عن (كبلر).

ومن المحطات المهمة في حياة (كبلر) المهنية والاجتماعية نتوقف عند عام (1605) حيث نشر مقالته المهمة بعنوان (النجم الجديد - The Nova) والذي ظهر في السماء لا عين المراقبين.

وفي عام (1606) نشر كتابه الشهير والذي حمل ذات العنوان (النجم الجديد - De Stella Nova) والذي أفاض فيه بذكر توقعاته حول النجم الجديد وشرح أهمية ظهوره في (تلك الفترة بالذات) وآمن من أعماقه بأنه ظهر لتحقيق أمور ثلاث:-

الأول: تسريع تحويل هنود أمريكا الجديدة الحمر إلى المسيحية.

والثاني: الإيذان بظهور المسيح.

والثالث: التقديم لبوادر، والتبشير بقرب أفول الإسلام.

وفي عام(1609) نشر كتابا آخر بعنوان (الجديد في علم الفلك - Astronomia Nova) والذي شرح فيه نظرياته حول مدارات الكواكب تلك التي صارت تعرف اليوم بـ (قانوني كبلر الأول والثاني لحركة الكواكب).

توفيت زوجته (باربارا ميلر) في عام (1611) ولكنه سرعان ما اقترن بغيرها بعد سنتين. تلك كانت الفاتنة (سوزانا روتنكر - Susanna Reuttinger) ذات الأربع والعشرين ربيعا. غمز المتقدمون واللاحقون (كبلر) بعين الحسد لحسن طالعه في اختيار جميلته (سوزانا) الأمر الذي أكد ظنهم بكونه هو نفسه نجما ساطعا وفارسا لأحلام الكثيرات ممن عاصرنه كونه الفلكي الضليع بعلم النجوم والشخصية الاجتماعية التي أبهرت كل معاصريه. وهنا يعود مؤرخه (كنكريش - Gingerich) لتسليط الضوء على تلك الحادثة من خلال مراجعته لرسالة كتبها (كبلر) بنفسه لأحد النبلاء فيقول:

((لقد افاض (كبلر) بوصف (الصف) الجميل، والطويل من فاتنات عصره الإحدى عشرة، واللائي اصطففن أمامه بكل غنج ودلال، ومنحن أنفسهن له لاختيار إحداهن قرينة له. وشرح أيضا الإرادة والعطف الإلهي الذي ألهمه الرجوع للاهتمام بالنساء مرة أخرى لاختيار زوجته الخامسة، والتي وإن كانت دونه بكثير من نواحي المستوى الاجتماعي والثقافي والعائلي إلا أنه عاش معها أسعد زيجاته رغم امتداد يد القدر لاختطاف خمسة من أولاده السبعة الذين أنجبهم منها)).

شهد عام (1618) نشر كبلر لكتابه العظيم (الكون المتجانس - Harmonice Mundi) بأجزائه الخمسة التي ضمت آراءه ونظرياته وتوقعاته حول الكون ومحتوياته وأهم معالمه كالموسيقى (بتجانسها وإيقاعاتها) والهندسة (وما تشمله من مضلعات مستوية ومجسمة) وعلم الفلك (وما تضمنه من شرح قانونه الثالث فيه) والتنجيم (وما تفعله مواقع

الكواكب في السمــاء في حياة البشر على الأرض، وما تؤثره في أرواحهم). لقد شبه (كبلر) أمــواج البحــر في كتابه ذاك بتردد تنفس كائــن عظيم، وقد أعجب هو ذاتــه بكتابه ذاك أيما إعجــاب، والذي اعترف أنه في كتابته له كان قد أسلــم لب روحه، وعصارة قلمه (وبكامل إرادته) للهالة المقدسة التي ألهمته إياه.

وكان قــد آمن إيمانــاً عميقاً بصحة ما جاء هو بــه وبكونه ينبع عن الإلهــام وحسن الطالع والتقــرب إلى الله إلى الدرجة التي أكــد فيها (أنه بالإمكان قراءته وفهمه الآن أو في المستقبل، وما لا يُفهم منه الآن سيفهم في قادم الأعوام، لا ضير في ذلك فبإمكان كتابي الانتظار قرونا لمن هم أهل لقراءته وفهمه).

في عام (1927) نشر كبلر كتابا بعنوان (الجداول الأساسية – Tabulae Rudolphinac) جــاء فيه على ذكر الكثير من جداول الفلكية والمعلومات التي كان قد استخدمها الفلكيون لما ينيف عن مئة سنة خلت. وتضمن الكتاب كذلك مصنفات (براه) لمئات من مواقع النجوم.

أما إبداعه في مجال (الخيال العلمي) فكان روايته القصيرة (الحلم) والتي تصف رحلة خيالية قام بها شاب اسمه (ديوراكوتس – Duracotus) الى القمر. وقد قام بكتابتها فعلا

في عــام (1609) وأرســل نسخاً منهــا إلى أصدقائه ومعارفه. وقــد استُخدم هذا الكتاب بضراوه وقســوة لإثبات تهمة السحر على والدته وذلك لأن (صائدي الساحرات) في ذلك الوقــت كانوا على علــم باحتوائه على مناقشات دارت بين بطــل القصة وبعض (الشياطين) الأمــر الذي اعتــبر دليلا ضدها أثنــاء محاولة انتــزاع اعترافاتها. ولم يتمكن ابــن كبلر المدعو (لودفــك كبلــر – Ludwig Kepler) من نشر الرواية كاملة إلا بعد وفاة والده بأربع سنين وذلــك في عام (1634). و(الحلم) رواية ممتعة تنقلك إلى أجواء الفضاء والرحلات الفضائية ولكن بعقلية وبنكهة القرن السابع عشر. لقد أُشيع عن السفر في الفضاء آنئذ خطورته وبعده ونصبــه وإرهاقه، ولذلــك كان على رواد فضاء ذلــك الزمان الخلود للنــوم والاستكانة وإن استوجب الأمر إعطاءهم جرعات مضاعفة من المخدرات لحمياتهم من صعوبات الانطلاق. وروعــيَ في جلوسهم ترتيب أطرافهم بصورة تحد من تأثرهــا بالشد والضغط الناجمين عن

تعجيل الطيران والسفر. أما سكان القمر فقد تم تصويرهم كأفاعي هائلة الأحجام عظيمة الأجسام بجلود مثقبة مخرمة كالغربال. لقد حرص كبلر (مراعاة لشعور قرائه) على حذف كل المعادلات الرياضية الصعبة من روايته تلك، ولكنه حرص في المقابل أيضا على تضمينها بعض الحسابات الفلكية ذات العلاقة، إمعانا في الإثارة والمتعة وكان ذلك هو المقصود من روايته الخيالية تلك.

توفي كبلر ودفن في مدينة (ريجنسبرك – Regensburg) في عام (1930) وطمس قبره بعد سنتين خلال (حرب الثلاثين)[1].

لم يبق لا (لكبلر) ولا لرفاته أثر اليوم، ولكن العلماء كرموه بإطلاق اسمه على إحدى فوهات القمر وهي بقطر (31 كيلومترا) تخليدا لذكراه. وقد صادقت الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين على تلك التسمية في عام (1935). كما أطلق اسمه أيضا على إحدى فوهات كوكب المريخ للغرض ذاته.

يذكر (كبلر) اليوم وبفخر ليس بسبب قوانينه الثلاثة لحركة الكواكب فحسب، بل وتُعزى إليه العديد من المعادلات الشهيرة والمهمة كـ (معادلة كبلر المدارية) والتي يمكن التعبير عنها رياضيا بالشكل التالي:

$$M = E - e \times \sin E$$

حيث تمثل فيها e – مقدار التعجيل لمدار الكوكب الاهليجي

و M – معدل مقدار الحركة الزاوية للكوكب حول الشمس (وقد تسمى أحيانا معدل الزيغ).

و E – مقدار الزاوية الإضافية (وقد تسمى أيضا مقدار الزيغ الزاوي عن المركز).

ويمكن الاستفادة من هذه المعادلة لحساب العلاقة بين إحداثيات قطبي أي كوكب والوقت

(1) The Thirty Years War – واحدة من أبشع الحروب التي خاضتها أوربا وأكثرها ضراوة ووحشية وتدميرا، امتدت ما بين عامي (1618 – 1648). حرقت نارها أوربا بأسرها وإن كانت قد بدأت أصلا في ألمانيا. تقارب خلالها الكاثوليك والبروتستانت لأهداف دينية ظاهرا واقتصادية حقيقة. (المترجم).

المنصرم اعتبارا من نقطة مرجع محددة.

كمـا وضع معادلة مهمة أخرى سميت بـ (معادلة لوغارثم كبلر). ويمكن التعبير عنهـا بلغة اللوغارثم الرياضية الحديثة كما يلي:

$$\log_{\mathrm{Kepler}}(x) = \lim_{n \to \infty} 2^{n} \left[1 - \left(\frac{x}{10^{5}} \right)^{\frac{1}{2^{n}}} \right] \cdot 10^{5}$$

بـين كل من (ارنست آبـيرز – Ernest Abers) و (شـارل ف. كنل – Charles F. Kennel) في كتابيهما المعنون (في المادة والحركة) استحالة تحقيق كبلر لما حققه من إنجازات علميـة فلكية هائلة لولا اعتماده على كميات هائلة من المعلومات والمشاهدات الدقيقة التي توصـل إليها وسجلها غيره. ولما كان اعتماد العلمـاء بعضهم على بعض واستخدام أحدهم لنتائـج الآخر مـن نافلة المنحى العلمي العام، فلا ضير مـن أن يسلك (كبلر) كغيره مثل هذا الدرب. ولكن المهم في الموضوع هو تأثر العلم أيما تأثر بما قام به وبما توصل إليه، الأمر الذي عـزز الاعتقـاد الناشئ بقابلية الرياضيـات على التعبير – بدقة ووضـوح – عن المشاهدات الكونية الأمر الذي مهد لقبول وترسيخ فكرة الكون الفسيح المترمي الخاضع لذروة الحكمة والانضباط والملبي لأدق قواسم الحِبكة والنظام.

لقـد حبا الله (سبحانه وتعـالى) الإنسانية فرداً امتاز بقدرة هائلـة على المجالدة والصبر الى الدرجـة التي مكنته من دراسـة وتمحيص جبال الملاحظات وأكـوام المشاهدات التي أنجزها أستـاذه (تايكو بـراه – Tycho Brahe) واستخراج خلاصتها على شكل التفسير المبسط لحركة الكواكب.

لم يأل (كبلر) جهدا في دراسة كل ما وقعت عليه عيناه من ملاحظات ومعلومات خلفها له أستاذه الرياضي اللامع (براه) ولولا استناده إليها ومطابقتها لما جال في ذهنه بخصوصها لظل كبلر عبقريا تائها في خضم أفكاره المشتتة (السابقة لعصره)، ولما حصل على الشرف والسؤدد اللذان رافقاه إلى يومنا الحاضر.

من رحم تعارفهما ومصادفة عملهما المشترك ولد الكون المتناسق الجديد.

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Abers, Ernest, and Charles F. Kennel, *Matter in Motion* (Boston, Massachusetts: Allyn & Bacon, 1977).

Caspar, Max, *Kepler* (New York: Dover, 1993).

Connor, James, *Kepler's Witch: An Astronomer's Discovery of Cosmic Order amid Religious War, Political Intrigue, and the Heresy Trial of His Mother* (San Francisco, California: HarperSanFrancisco, 2005).

Gingerich, Owen, "Kepler," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Stephenson, Bruce, *Kepler's Physical Astronomy* (Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1994).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

يعرف (المسيحيون) بأن المبادئ الرياضية والتي بموجبها قد ضبط نظام الكون إنما هي هبة من الخالق عز وجل، لقد جعل المولى (جل وعلا) من الأشكال الهندسية نموذجا ليخلق الكون على غرارها ما أريد أن أقوله هنا: هو أن عظمة الخالق عز وجل وبديع صنعه ودقته لم تكن لتصل إلى بني البشر عيانا بعيون رؤوسهم وإنما وصلتهم ضمنا بعيون ضمائرهم وإدراكهم وفهمهم للرياضيات.

كبلر

Johannes Kepler، Harmonice mundi (Harmony of the World)، 1619

مقتطف من كتابه (تناسق العالم).

لعل الكشف عن قوانين جديدة للفيزياء وجسيماتها قد أوقف مؤقتا (بغض النظر عما سنبذله من جهد في هذا السبيل وما نخصص له من أرصدة ونصمم له من تجارب) ولن يكمل مشواره إلا لحضارة آتية جديدة ذكية ستفهم أصول وقوانين لعبة الشطرنج الكونية والتي لا يمثلون هم فيها إلا بيادقها.

جونسون

Georg Johnson، (Why Is Fundemental physics So Messy?، WIRED magayine، Feberuary 2007

مقتطف من مقاله (لم على الفيزياء الأساسية أن تكون بهذه الفوضى؟)

لقد عشق (غاليليو) الشجار والتهكم على معاصريه ومناوئيه منهم خاصة، فكان يسميهم بـ (إمعات الفكر)، أو بالذين يصعب على الحصيف تسميتهم بـ (البشر الأسوياء). لقد رفض اثنان من الأساتذة

المعاصرين له مجرد النظر خلال تلسكوبه لمشاهدة ما شاهده هو من كواكب ولما مات أحدهم بعد فترة كتب غاليليو في رثائه ما يلي:

(يعز علي فراق زميلي الأستاذ الذي آل على نفسه أن لا ينظر بتلسكوبي إلى الكواكب ولا يقترب منه عندما كان حيا يُرزق على الأرض، كلي أمل أن يعيد الموت إليه صوابه فيستطيع مراجعة نفسه ويعدل عن رأيه عندما يحط به الرحال هناك، أقرب إليهن في السماء!!

داڤز
James C. Davis، The Human Story
مقتطف من كتابه (قصة الإنسان)

رفض (غاليليو) رفضا قاطعا إعارة أي من تلسكوباته (لكبلر). علما بأنه كان قد أهدى العديد منها إلى الكثير من الساسة والمشاهير... ولما تراسل معه كتب له عن اكتشافاته ومشاهداته بصيغة مبهمة مغشاة كي لا يتمكن (كبلر) من فهم أي من طلاسمها. وبعد حين قرر (غاليليو) قطع كل اتصال له مع غريمه حتى أنه تجاهل تماما كتابه الشهير (علم الفلك الجديد Astronomia Nova)بما فيه من معلومات مهمة أصيلة عن المدارات الإهليجية.

شرماخر
Thomas Schirmacher، (The Galileo Affair، History or Heroic Hagiography?) Technical Journal، April، 2000.
مقتطف من كتابه (غاليليو - التاريخ أم سيرة حياة عَلَم)

آمن (غاليليو) وتشبث بالدفاع عن النظام الأرثوذوكسي التقليدي (لكوبرنيكوس)، ولكن الخطأ الفادح الذي ارتكبه والذي أعمى بصيرته وجره إلى (الانتحار) العلمي، هو إهماله تماما لأفكار وأعمال (كبلر) والذي آثر وقبل ذلك بما ينيف عن قرن من الزمان التخلي عن موضوعه الـ (ابيسيكل - Epicycle)[1] ولذلك ظل غاليليو أسير محاولاته العقيمة لإجبار العالم بقبول نموذج

(1) Epicycle– هو نظام هندسي يوضح الاختلاف في السرعة والاتجاه لحركة القمر والشمس والكواكب الظاهرية حسب مفهوم بطليموس لعلم الفلك، وضعها ابولونيوس في القرن الثالث ق.م. وصقلها بطليموس في القرن الثاني ب.م. وتفسر التقهقر في حركة الكواكب الخمسة المعروفة آنئذ. كما تفسر ظاهر الاختلاف الحادث في المسافات الفاصلة بين الأرض وبقية الكواكب. وترسم باختصار كدوائر متراكبة. (المترجم).

(أرجوحة الهواء)[1] ذات الدواليب الثمـان والأربعين كالتمثيل الواقعي الوحيد لحقيقة الفيزياء في الكون، وفشل في ذلك فشلا ذريعا.

كوستلر

Arthur Koestler، the Sleep walkers، A History of Man's Changing Vision of the Universe.

مقتطف من كتابه (السائرون في المنام - قصة تاريخ تغير مفهومنا عن الكون)

(1) Eerris Cycle – أرجوحة الهواء المكونة من دولاب دوار للتسلية مقام على روافد تسنده من الجانبين – إحدى آلات التسلية. (المترجم). التشبيه هنا للتهكم

قانون سنيل للانكسار

Snell's Law of Refraction

هولنـــدا 1621:

يعرف قانون سنبل كماً بما يلي:

تعتمد زاوية انكسار الضوء المار خلال وسطين على معاملي انكسارهما.

محاور ذوات علاقة:

يوهانز كبلر (JOHANNES KEPLER) ومعادلات مكسويل (MAXWELL'S EQUAYIONS)

من أحداث عام 1621:

– حاول الإنكليز استعمار كل من (نوفا سكوتيـا – Nova Scotia) و(نيوفوندلاند – Newfoundbnd).

– زُرعت البطاطا – ولأول مرة – في ألمانيا.

– أبحـرت الباخـرة العملاقـة المسمـاة زهـرة مايـو (Mayflower)، ولأول مرة مـن مستعمرة (بلايموث – plymouth) في أمريكا الشمالية إلى إنكلترا في رحلة مرجعة.

نص القانون وشرحه:

ينحنـي الضـوء المار في الهواء – أو ينكسر – حينما يمـر إلى وسط آخر كالزجاج، بمعنى أن تُعاني الموجـات الضوئية (انكساراً) أو تغييرا في اتجاه مسارهـا سببه التغييرفي إزاحتها، فمن المعلـوم حدوث الانكسار عادة عنـد انتقال أشعة الضوء من وسـط إلى آخر، وذلك لأن من خاصية كافة المواد الشفافة للضوء أن تبطئ من سرعته حينما يعبر خلالها مقارنة بسرعته الثابتة في الفـراغ، ويحدث الانكسار عمليا عنـد خط تماس الوسطين، (عند خط تماس الهواء بالماء مثـلا) فعنده تتغـير إزاحة الموجة ويُغير الضوء من اتجاه مـروره، كما يتغير طولها الموجي وما يبقى ثابتا ولا يتغير عند نقطة تماس مرور الضوء من وسط إلى آخر هو مقدار ذبذبته فقط.

هنـاك مبدأ مهم في ظاهرة انكسار الضوء لابـد من فهمه قبل مواصلة شرح الموضوع ألا وهو مبـدأ إزاحة الطـور (Concept of phase Velocity). تصـور شكلا مبسطا لحركة جيبيه (Sinusoidal) يتولد من حركة قطعة خشب إلى جهة اليمين، تُعرف إزاحة الطور لتلك الخشبة – وببساطـة – بسرعة تحركها إلى اليمـين لا أكثر! ولكن تصور ذهابك إلى البركة العذبة المجاورة لمنتجعك الريفي، حيث ترى ورقة شجرة طافية على سطحها الهادئ البراق، الآن وبمجرد رميك لحصاة صغيرة إليها ستتولد سلسلة من الموجات تنتشر في البركة إلى أن تصل إلى الورقة فتحركها عموديـا بذبذبة مستمرة إلى حـين... أن سلسلة الموجات المتعامدة مع ذبذبة الورقة ستتحرك إلى اليمـين بإزاحة طور مقدارهـا (Vp) تماما كما تحركت قطعة الخشـب إلى اليمين – حتى وإن لم تتحرك ورقة الشجرة جانبا أبدا، وتبقى في صعودها ونزولها العامودي فقط.

في خـلال زيارة بعض الشباب لي في منزلي، وددت تفسير ظاهـرة الانكسار لهم بوضع أحد أصابع يدي في حوض أسماكي والذي كنت قد وضعت لتوي فيه سمكة جديدة غريبة. والآن وبالنظر لتباين معامل انكسار الضوء في الهواء (والبالغ 1.0003) عن معامل انكساره في المـاء (والبالـغ 1.33) فإن الضيوف الذين أدهشتهم حركـة وضعي لأصبعي المستقيم في الحوض سيلاحظونه وكأنه قد انحنى بشدة عند حافـة سطح الماء. وقبل أن تتمكن سمكتي الجديدة من قضم أصبعي استطعت أن أفسر لهم بأن ما يرونه من (انكسار) في أصبعي المستقيم مـا هو إلا نتيجة لانكسـار (أو لانحناء) أشعة الضوء الواردة إلى أعينهم عند مغادرتها الماء إلى الهواء قبل أن تصل إليهم، وكتبت لهم بسرعة على محرمة ورقية صغيرة القانون التالي:

$$n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2).$$

وشرحت لهم بأنه القانون الذي يسمى باسم (قانون سنيل) والذي يستعمل لحساب درجة (انكسـار) الضوء عند مروره من الهواء إلى الماء. (بامكانك إجراء التجربة السابقة بأمان أكثر بإدخال قلم رصاص إلى حوض الأسماك بدل أصبعك العزيز!).

هنـا يمثـل كل مـن (n_1 و n_2) معاملي انكسـار الوسط الأول والثـاني على التـوالي وتسمى الزاوية المحصـورة بين شعاع الضوء الساقـط والعمود على خط تماس الوسطين بزاويـة السقوط (θ_1)، وعند

اختـراق شعاع الضوء للوسطين بانتقاله من الوسط الأول إلى الوسط الثاني فإنه سينحني بزاوية مقدارها (θ_2) وهي الزاوية الناشئة أيضا ما بين خط تماس الوسطين والعمود القائم عليه وتسمى بزاوية الانكسار.

لنتذكـر بأن المقصود (بالانكسار) هــو انحناء مسار موجة الضوء عنـد دخولها لوسط ما يعمل على تغير سرعتها، وعليه فبمرور الضوء من وسط (سريع) إلى وسط (بطيء) فإن ظاهرة (الانكســار) تعمل على حرف شُعاع موجة الضوء باتجـاه خط الأصل (وهو العمود الخيالي المقام على خط التماس بين الوسطين). ويعتمد مقدار الانحراف أصلا على معاملي انكسار الوسطين (n_1 و n_2) ويُفسره كميا قانون (سنيل).

بإمكاننا وصف معامل انكسار أي مادة (n) كالماء أو الهواء أو الزجاج بأنه العامل الذي يُبطئ (إزاحة طور – Phase Velosity) الأشعة الكهرومغناطيسية داخلها نسبة إلى إزاحتها في الفراغ، ويعتمد معامــل الانكسار هذا – بالطبع – على الطول الموجي للإشعاع المعني بالدراسة. وفيما يلي معاملات انكسار بعض المواد المألوفة لشعاع بطول موجي مقداره (589.3) نانومتر[1]؛ للفراغ: (1)، وللهواء: (1.00029)، وللماء السائل: (1.333)، وللزجاج: (1.5–1.9)، و للماس (2.419).

ينص قانون الانعكاس، وبأبســط صورة على مســاواة زاوية الانعكاس لأشعة ضوء من على سطح ما لزاوية ســقوطها، وينص قانون الانكســار بأبسط صورة على اعتماد زاوية انكساره على معامل انكسار الوسط (أو الأوساط) التي يمر خلالها.

بإمكاننــا الاعتمــاد علــى معــادلات (جيمــس كلارك مكسويــل James Clark Maxwell) للكهربائيــة والمغناطيسية لاشتقــاق كلا القانونين السابقين واللذين يصحان ضمن نطاق واسع جدا من طيف الموجات الكهرومغناطيسية. كما يمكن اشتقاقهما كذلك من نظريات أبسط وضعت لتفسير تصرف الضوء كنظرية الفيزيائي الالماني [كرستيان هيكنز Christian Huygens (1629 – 1695)] التي وضعها عام (1678). لقد اجتهد هيكنز

(1) Nanometer – هـي وحـدة قياس تساوي جـزءًا واحداً من 1000 (ألف) مليون جزء من المتر الواحد. واحد على عشرة مرفوعة إلى القوة السالبة 12. (المترجم).

هذا واستخدم بعض المنظومات الهندسية ليتمكن من التنبؤ بموقع جبهة موجية معينة في أي وقت.

هنـاك العديد من التطبيقـات العملية النافعة لظاهرة الانكسار هـذه ؛ فخذ على سبيل المثال استعمال العدسات اللامة لتسليط أشعة الضوء المتوازية وجمعها في بؤرة واحدة، وخذ حقيقة انكسـار أشعة الضوء بواسطة عدسة العين التي تمكـن الدماغ من تفسير الصور التي ننظر إليها بدقة. واعتمدت على هذه الظاهرة أيضا هندسة صناعة عدسات الكامرات التي لم تكن لتوجد لولاها. ومن جانب آخر فإن الموجات الزلزالية (وهي موجات القوى الناتجة عن تحرك الطبقات الأرضيـة أو تكسر الصخور الضخمة التي تنتشر داخل طبقات الأرض وتغيرها لسرعاتها وفقا لمعاملات انكسارها فيها عند سطوح تماسها) تمثل مصدر الاستشعار بقوة ومراكز تلك الزلازل أو الهزات الأرضية بغية قياسها أو لتلافي أخطارها إن وجد لذلك سبيلا. إن موجات القوى في تصرفها وانتشارها وانكسارها إنما تخضع في تفسيرها لـ (قانون سنيل).

يستخـدم علماء طبقات الأرض قانوني الانكسار والانعكاس عند بحثهم عن البترول مثلا خلال طبقات الأرض وذلك باصطناع انفجارات بقوىً معلومة وبمناطق متفرقة على حدود (الحقول البترولية) المفترضة ومن ثم قياس اتجاهات وسُرع ومواقع الموجات الاهتزازية المرتدة لتعين مواقع تلك الحقول ولتقدير مقدار الاحتياطي المتوقع فيها.

هنـاك بعض الحالات التي قد يمكـن فيها للضوء أن ينعكـس كليا من على سطـح وسط ما إذا كان الفـرق بين معاملي انكسار الوسط الناقل للضوء والوسط العاكس له كبيرا جدا وتسمى هذه الظاهرة (بظاهرة الانعكاس الداخلي الكلي) وتحدث عادة عند انكسار شعاع ضوء من على سطح تماس بين وسطين بزاوية كبيرة جدا ينطبق بموجبها الشعاع المنكسر الخارج على نفس خط مسار الشعاع الساقط الداخل بطريقة تجعله ينعكس خارجا منه، وتستخدم هذه الظاهرة الفيزيائية المهمة في صناعـة بعض الأنابيب الضوئية والتي يدخل الضوء (أو يتولد من مصباح) من إحدى نهايتيها ويستمر بالانكسار الكلي (أي يحجز داخلها) حتى يتسنى له الخروج من نهاية الأنبوب الثانية[1].

(1) تعتبر الأليـاف الضوئية من التطبيقات المهمة في هذا المجال ومن استعمالاتهـا الأنابيب الضوئية القابلة للالتواء والمستعملة في جراحة (المناظير) على اختلافها والكابلات المستعملة في نقل الإشارات الإلكترونية عبر المحيطات لأغراض الاتصالات (المترجم).

وبإمكان تجربة تُجرى في أحد مختبرات الفيزياء المدرسية من توضيح التطبيق السابق لقانون سنيل وكما يلي:

تضبط زاوية الانكسار على (90 درجة) وتستعمل لحساب زاوية السقوط. وبالنظر لاستحالة انكسار الضوء بأكثر من (90) درجة في مثل هذه الظروف، فإن كافة أشعة الضوء الساقطة سوف تنعكس، إذا ما جعلنا زاوية سقوطها أكبر من تلك التي تنتج الانكسار عند (90 درجة)، وهذا ما يُطلق عليه ظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي.

وفي حرفة صقل الماس وإضفاء رونقه عليه بعد قطعه لمثال آخر على خاصية الانعكاس الكلي الداخلي للضوء. يعود سبب سلب بريق الماس المصقول للأنظار والألباب (ناهيك عن الجيوب!) إلى حقيقة انعكاس أشعة الضوء عن سطح ألماسه (المصقولة بعناية) بصورة تجعلها تبرق لأنها تبعث الضوء باتجاه عين مراقبها مباشرة. وبعبارة علمية أوضح فإن للماس المصقول خاصية عكس الإشعاع الضوئي الساقط عليه داخله كليا حتى يتمكن من مغادرته عبر أسطحه الخارجية مكتسبا بريقه الأخاذ. وغالبا ما تعاني الأشعة الساقطة العديد من حالات (الانعكاس الكلي الداخلي) داخل الكيان البلوري لقطعة ألماس قبل أن تنكسر خارجةً من سطحه.

ومن التطبيقات العملية لهذه الظاهرة صناعة الألياف من بعض المواد المناسبة كي تحقق ظاهرة (الانعكاس الكلي الداخلي) خلالها وحبس أشعة الضوء الداخلة إليها، وعليه سيتمكن ذلك الليف من توجيه الضوء عبر الزوايا وحولها بسهولة وبدون أي فقدان في شدته.

ويمكن تشبيه (الليف البصري) بشعرة زجاجية نحيفة جدا تمتاز بسطح داخلي عاكس كليا، متى ما دخلها شعاع من الضوء فإنه لن يتمكن من السقوط عليه بأقل من الزاوية الحرجة اللازمة لأحداث الانعكاس الكلي الداخلي له، هذا ويخضع الضوء إلى حالة الانعكاس الكلي كلما وقع على السطح الداخلي لذلك الليف إلى أن يتمكن في النهاية من مغادرته من نهايته الأخرى. وتستعمل الألياف البصرية اليوم لبعث الإشارات التليفونية ومعلومات الحواسيب بطريقة كفوءة فعالة لها مزاياها على طريقة نقل الإشارات باستعمال الأسلاك الكهربائية. ومن تلك المزايا قابليتها على نقل الإشارات عبرها بسرع أعظم مقارنة بمثيلاتها من الأسلاك، هذا

ولـن تتأثر تلك الإشارات فيها بظاهرة (الحث المغناطيسي) وتكوين الضوضاء من الإشارات الكهربائيـة العشوائيـة المستحثة نتيجة لذلك. يعـود الفضل إلى الأليـاف الضوئية وسرعتها وكفاءتهـا في نقل المعلومات إلى إطلاق ثـورة الاتصالات العالمية خلال العشرين سنة الماضية والتـي صارت تمس حياة وأعمال ودراسة وتفكـير الجميع من خلال مساعدتها على انتشار الشبكة العنكبوتية العالمية [World Wide Web (www)] في كل مكان.

ولم تكن الألياف البصرية بعيدة عن التطبيقات الطبية، فقد مكنت الأطباء من النظر إلى داخل جـوف الجسـم والتجاويف المفصلية والفقريـة وتجاويف الأعضاء كالمعـدة والرحم والأمعاء والأوعيـة الدموية والقلب باستعمال فتحات صغيرة جـدا وإدخال الليف البصري خلالها بما يعرف اليوم بتقنية المناظير أو الجراحة الباضعة الدقيقة (Minimal Invasive Surgery).

وفيهـا يحاط الليف البصري (الـذي يوصل شعاع الضوء عبر موشور مناسب إلى العين من خـلال الفتحة العينية وإلى الكاميرا للتصوير) بليـف ضوئي لتجهيزه بالنور الذي يُسلط على العضو المعني. وبكلمـة أخرى يوضع ليفين منفصلين في ذات الناظور المرن: الأول للإضاءة والثاني للمراقبة والتصوير[1].

وقد لا يعلم الكثيرون أن ظاهرة الانعكاس الكلي هي المسؤولة عن تفسير ظواهر (السراب) كتلك التي يحسبها الظمآن في الصحراء ماء وتلك البقع البراقة التي غالبا ما ترى فوق مسافات الأسفلت البعيدة في يوم قيض حار. وقد يتمكن المراقب أيضا من رؤية صور معكوسة للفلاة وأشجارها وكأنما يراها منعكسة من على صفحة بركة ماء أو حمام سباحة.

ولتفسـير ظاهرة (السـراب) لابد أن نعلم أن الهواء الملامس للأرض لابد وأن يكون أكثر حـرارة (في أيام الصيـف) وبالتالي يكون ذا معامل انكسار أقل مـن ذاك الذي يعلوه والذي يكـون بدرجة حرارة أقل بطبيعة الحال. والآن وبافتراضنـا أن أشعة الضوء الساقطة على أي

(1) وهي أشكالـه المتقدمـة أمكن إلحاق ملقط أو اثنين مع مقص ومصباح وطرف قطب كهربائي لتمكين الجراح من القيام بالعملية كاملة من استكشاف مسك وقطع وإيقاف نُزف وخياطة. (المترجم)

جسم حقيقي بإمكانها الانعكاس عنه إلى الجو ومن ثم الانكسار عن طبقات الجو بأي صورة كانت، فإذا حدث أن لامست تلك الأشعة طبقات الهواء متخلخلة الضغط وذات معامل انكسار منخفض فإنها سوف تنعكس كليا عنها وعند وصولها إلى أعين الناظرين فإنها ستولد الانطباع الخادع بوجود صورة المشهد الذي لا يزال بعيدا وراء خط الأفق ظاهرا أمامها.

لم يعرف العالم وحتى عام (2001) إلا المواد ذات معامل الانكسار موجب القيمة، ولكن ذلك العام كان قد شهد طفرة جديدة في عالم المواد وتم إنجاز فتح مبين فيه حينما استطاع علماء جامعة (كاليفورنيا في سان دييكو) من وصف مواد مركبة جديدة أثبتت التجارب المختبرية أن لها معاملات انكسار سلبية القيمة، أي أن لها قابلية (عكس) قانون سنيل. تألفت تلك المواد من خليط مختلف من الألياف الزجاجية والحلقات النحاسية وكميات من الأسلاك الكهربائية كان لها -بمجموعها- قابلية تركيز الضوء بطرق مذهلة جديدة، فقد كشفت الفحوصات والاختبارات الأولية - على سبيل المثال - أن الموجات الميكروية القصيرة جدا كانت تنتج عن تلك المواد بعكس الاتجاه الذي يتنبأ به قانون سنيل تماما. صرح الفيزيائيون المهتمون بتلك التجارب، من أمثال (شلدون شولدز - Sheldon Schultz) و (ديفيد ر. سمث - David R. Smith) و (ريشارد أ. شلبي - Richard A. Shelby) بأن ما اكتشفوه لم يكن مجرد هوس علمي وحب استطلاع فيزيائي ولكنه كان حقيقة واقعة دفعتهم إلى وضع نظريتهم القائلة بأن المواد الحاوية على تلك المواصفات ستكون في يوم ما حجر الزاوية لإنشاء علوم جديدة ومواد وهوائيات وحتى قطع إلكترونية ستكون لها تطبيقات مبتكرة ومتجددة لم يسبق أن توصل إليها أحد من قبل. وكمثال نظري واحد لذلك: سيكون بإمكان طبقة نحيفة من المادة ذات معامل الانكسار السلبي من التصرف كمادة فائقة التوصيل فائقة المواصفات البصرية لها قابلية توليد صور وأفلام لم يسبق لوضوحها مثيلا.

ظلت التجارب المجراة على مثل تلك المواد ذوات معامل الانكسار السلبي مقصورة على استعمال الموجات الكهرومغناطيسية المكروية (شديدة القصر) ولحد عام (2007) حين تمكن فريق معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا في باسادينا (Pasadena) بقيادة (هنري ليزك - Henry Lezec) من

إنجـاز أول معامـل انكسار سلبـي للضوء المرئي. ولغرض صنع الجسم الذي يمكنـه التصرف وكأنه مصنـوع من مادة ذات معامل انكسار سلبي القيمة، عمـد (ليزك) وفريقه إلى بناء موشور مكون من طبقات من المعدن تتخللها شبكات من القنوات النانوية (أي متناهية الصغر وبمقياس النانومترات).

سجلـت تجارب فريق معهـد كاليفورنيا للتقنية سبـق ابتكار وتصميم وبنـاء الطريقة التي مكنـت الفيزيائيـين - ولأول مرة - من جعـل الضوء المرئي يسير في اتجـاه معاكس لطريقة تصرفـه الاعتيادية في انحنـاء مساره من مادة إلى أخرى، حتـى أن بعض الفيزيائيين لم يجدوا في أنفسهـم الحرج من التنبؤ بأن مثـل هذه الظاهرة سوف تقود إلى إبتكار أجيال جديدة من المجاهـر سيكون بإمكانها (رؤية) وتصوير أجسام متناهية في الصغر (كالجزيئات)، وتصنيع أنواع من الأغطية التي سيكون بإمكانها إخفاء الأجسام التي ستُلف بها!!.

اقترح كل من (اكهلش لاكهتاكيا - Akhlesh Lakhtakia) من جامعة ولاية بنسلفانيا الأمريكيـة و (توم مكاي - Tom Mackay) من جامعـة أدنبره البريطانية إمكانية وجود حـزام من (المواد) أو الإشعاعات تحيط الثقوب السوداء التي تدور في الفضاء والتي لها قابلية التصرف بطريقة تكسبها صفة معامل الانكسار السلبي وقدموا نظريتهم القائلة بأن مثل تلك الحالات بإمكانها تغيير مواقع النجوم الحقيقية إذا ما رُصدت من على سطح الأرض أو حتى من الفضاء المحيط بها (هذا من الوجهة النظرية على الأقل)، بعبارة أبسط فإن هناك مواصفات فيزيائيـة غير تلك التي نجدها في الزجاج والماء كخاصية الانكسار التي يعاني منها الضوء المار خلالهمـا، حيث إن للفضاء المحيط بالثقوب السوداء في الكون خاصية انكسار ولكن ذات معامل انكسـار سلبي لها قابلية عكس تصرف الضوء القادم إلينا من أعماق الكون السحيقة والتي تلتقطها مراقبنا الفلكية وتسجلها كنجوم ومجرات ثابتة المواقع معلومة الصفات[1].

ولا نهاية للبحوث والاستنتاجـات والمفاجآت من دراسة وتطبيق مثل هذه المواضيع، فقد

(1) والاستنتـاج المقلـق لكل ما ذكر هـو أن خرائطنا الفلكية قد لا تعكس المواقع ولا الأعمار الحقيقيـة المتوقعة للنجوم والمجرات التي رسمت لها. (المترجم)

تمكنت إحدى فرق البحث في معهد رنسيلر للتكنولوجيا (Rensseler Polytechnic Institute) في نيويورك عام 2007 من ابتكار (سطح أسود فائق) يمتص كامل الضوء الساقط عليه. فمن المعلوم أننا نرى الضوء المرتد من على أي سطح عاكس عندما يصل إلى منطقة التماس بين وسطين لهما معاملا انكسار مختلفين، كلما زادا زادت شدة الضوء المنعكس. وعليه ولغرض (منع) مثل ذلك الانعكاس من على سطح المواد المصنعة الجديدة قام فريق البحث المذكور باختراع سطح موحد مكون من عدة طبقات من مواد نانوية التركيب صُنّعت على شكل أنابيب. تمتاز المادة الجديدة بسطح خارجي ذي معامل انكسار قريب جدا من معامل انكسار الهواء البالغ (00.1) أي بحدود (1.05)، وتجرى التجارب الآن على هذه المادة الجديدة بتسليط الموجات الكهرومغناطيسية شديدة القصر (قريبة من منطقة الطيف فوق البنفسجي) وشديدة الطول (قريبة من منطقة الطيف التحت الأحمر) عليها[1].

للفضوليين فقط:

- لم تنشر أعظم مشاركة علمية قام بها (سنيل) وهو قانون الانكسار المعروف باسمه إلا بعد مرور ما يقارب السبعين سنة على ذلك الاكتشاف وبعد وفاته بزمن طويل.
- يدّعي بعض محترفي صيد السمك (والمعقدين منهم على وجه الخصوص!!) وجود ما يسمى (بنافذة سنيل) ويعنون بذلك تلك الزوايا الخاصة على سطح الأجسام المائية الهادئة (كالبحيرات مثلا) والتي تُمكن السمك من (النظر) إليهم من خلالها (واكتشاف أماكنهم!!) اعتمادا على (قانون انكسار سنيل) للضوء وعليه فإنهم يحاولون قدر استطاعتهم تفادي مثل تلك (النوافذ) للظفر بالصيد السمين!!
- تفسر ظاهرة مشاهدة (قوس القزح) في نهار خفيف المطر بوجود الشمس بالاعتماد على

(1) لابد من إكمال توضيح أهمية التجارب السابقة على المواد الجديدة المبتكرة، فحينما تنجح مادة مطلية بطبقة من المادة التي تمتص كافة موجات الطيف المغناطيسي في منطقة الطيف المرئي فإن (نسيجا) منها سيتمكن من (إخفاء) أي مادة تغلف به لأن لا ضوء مرئي سينعكس منها إلى العين لتراه. (المترجم)

خاصيــة انكســار الضوء، وذلــك بالنظر لاختلاف الأطــوال الموجية لمختلف مكونــات ألوان طيف الضــوء الأبيض المرئي. وعليه وبتصرف نقاط المطر الصغيرة كمواشير دقيقة فإن ألوان الطيف المختلفة ستنكســر بدرجات مختلفة. ومن طرائف الحقائق أن نشير هنــا إلى أن (قوس قزح) هو بالحقيقة (دائرة قــزح!) مركزها نقطة مقابلة تماما للشمســ نسبة لأي مراقب ولا يمكن أبدا رؤيــة تلك الدائرة كاملة لانحجابها خلف خط الأفق.

أقوال مأثورة:

بالإمكان اشتقاق (قانون ســنيل) من مبدأ فرمات (Fermat Principle) القائل بوجوب مرور الضوء بمسار يمكّنه من اختزال الزمن لأقل ما يمكن. وضح العالم فينمن (Feynman) المقولة (الغامضة) الســابقة بالتشبيه الكلاســيكي التالي: إذا ما افترضنا أن ســطح البحر يمثل المنطقة ذات معامل الانكسار العالي وساحله يمثل منطقة معامل الانكسار الواطي، فإنّ أسرع السبل التي يمكن أن يسلكها منقذ للوصول إلى غريق في البحر هي بركضه باتجاه الساحل ومن ثم السباحة على طول خط وهمي ينطبق مع توقعات

قانون سنيل

.Snell's Law

(عن الوكي بيديا).

تمكــن شــخص شــديــد الذكــــاء يحمــــل اســمـا شــديــد الغرابــة (الشــاطر ولي بــرورد – Willebrord Snell) التوصل – ومن خلال تجاربه المختبرية الدقيقة – إلى أن الزوايا المحصورة بين الضوء الساقط والضوء المنحرف والسطح القائم بينهما يمكن أن تخضع لمعادلة رياضية مُحكمة.

مك كوسكي

Mason Mc Cuskey، Special Effects Game Progamming with Directx.

مقتطف من كتابه (تصميم ألعاب الحاسوب باستخدام المؤثرات الخاصة).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

- ولـد [(ولـي بـرورد سنيـل – Wille brord Snell) والمعـروف أيضـا باسـم (سنيلس – Snellius) أو (سنيـل – Snell) أو (سنيـل فـان رويـن – Snell van Royen) أو [ولي برورد فـان سنيل فـان رويـن (1580–1626) Willebrord van Snell van Royen] وهو الفلكي والرياضـي الألماني الشهير بقانون الانكسار الذي يحمل اسمـه في مدينة ليدن (Leiden) في هولندا لأب شغـل منصب الأستاذية في الرياضيـات. درس القانون في مقتبل حياته ولكنه سرعان ما تحول إلى دراسة الرياضيات التي شغف بها واتقنها حتى شرع بتدريسها في جامعة ليدن بعد حصوله على منصب تدريسـيّ مرموق فيها. لقـد كان الشاب (سنيل) محظوظا حقا فقد تمكن مـن مقابلة عددا من مشاهير علماء عصره من أمثال (تيكو براه – Tycho Brahe) و (يوهانز كبلر – Johannes Kepler).

- درس القانـون فـي باريـس عـام (1602)، وأصدر بعد ذلـك ببضع سنين بواكـير أعمالـه العظيمـة في مجال العلوم – ألا وهي الترجمة اللاتينية (للأطروحات الرياضية – Mathematical Memoirs – Wisconstighe Ghedachtenissen) للرياضي والمهندس الألماني، بلجيكي الأصل [سيمون ستيفن (1548–1620) Simon Stevin] والتي احتوت على أطروحاته ونظرياته في حقول الرياضيات والميكانيك والموسيقى وعلم المكتبات والبصريات والفلك والجغرافية.

- صدرت ترجمة سنيل لتلك الأطروحات في عام (1608) تحت عنوان جديد هو (مذكرات رياضية – Mathematical Memoranda – Hypomnemata Mathematica).

- تزوج سنيل في عام(1608) وخلال مسيرته العائلية تمكن مع زوجته من إنجاب ثمانية عشر طفلا، لم يبلغ مبلغ الفتوة منهم إلا ثلاثة، وخلف في عام 1613 والده في منصبه كأستاذ للرياضيات في جامعة ليدن، وجرب في عام (1815)ونجح في استنباط طريقة جديدة لقياس نصف قطر الأرض.

- اعتمـدت طريقته المبتكـرة والتي نشرها عام (1617) في كتابـه القيم (الحساب الألماني – The Dutch Eratosthenes – Eratosthenes Batavus)[1] على حساب المثلثات

(1) Eratosthenes – ايراتوستينس الاغريقي (276–195 ق.م.) رياضي وشاعر وجغرافي وفلكي شهير، توصل الى العديد مـن الاكتشافات المهمة مثل وضع خطوط الطول والعرضـ وكان أول إغريقي حسب طول محيط الأرض ومقدار انحراف محورها ويُعتقـد أنـه تمكن أيضا مـن قياس المسافة بين الأرضـ والشمس وكان أول إغريقـي يضيف (اليوم للسنة الكبيسـة). وضع خريطة

والعلاقــات المثلثية التي قام بها متخذا منزله واثنتين من المــدن المجاورة والمسافات بينها كنقاط مرجع لإجراء حساباته تلك. توصل إلى أن قيمة محيط الأرض يبلغ(38500) كيلو متر – وتعتبر هذه القيمة مقاربة جدا لقيمتها الفعلية البالغة (40،000) كيلو متر بحسابات يومنا هذا.

– ثابــر سنيل بجدية لتطوير وتحسين حساباته مستعينا بطلابه ولكن يد المنون التي امتدت واختطفته مبكرة في عام (1626) حالت دون إكماله لحساباته ورؤيتها للنور من بعده أبدا.

– اهتم بالفلك كذلك، ونشــر فــي عام(1619) العديد من البحوث حول المذنبات. وبعد مرور عامين على ذلك التاريــخ، أي فــي عــام 1621 نشر اكتشافه لطريقة جديدة مبتكرة لحساب النسبة الثابتــة (π) في الدورية المعروفة باسم (الدوائــر وقياساتها – Cyclometricus) وذلك باستخدام (المضلعــات – Polygons) فلقــد استطاع عمليا حسابها إلى أربعة وثلاثــين مرتبة عشرية بتصوره لمضلــع يتألف مــن(1،073،741،824) ضلعا. تعزى تلك الطريقة في حســاب النسبة الثابتة (باي –π) إلى الرياضــي الألماني [لودولف فان سيولــن (1540–1610) Ludolph Van Ceulen] الذي استعملها ولم يتمكن أبدا من نشرها. ويعود الفضل إلى (سنيل) في تطوير السبل التقليدية السابقة وإعادة الحسابات والتقريب لقيمة (π) ولكــن باستخــدام المضلعات، فلقد استطــاع – على سبيل المثال استعمال المضلعات ذوات الـ (96) زاوية للتوصل الى حسابها ولغاية سبعة مراتب عشرية صحيحة، في حين لم تتمكن الطرق التقليدية في زمانه إلا على حسابها لمرتبتين عشريتين فقط (وللقراء المغرمين بالمعادلات الرياضية أسوق طريقة سنيل لحساب (باي –π) التقريبي كما يلي:

$$\pi \sim (2/3)n \sin(\pi/n) + (1/3)n \tan(\pi/n)$$

حيث تعني π: المساواة التقريبية لقيمة (π) و n: عدد أضلاع (المضلع) المحيط بالدائرة.

– طور سنيل إمكانياته الملاحية حتى صار حجة في هذا الموضوع بحلول عام 1624، فقد تمكن مــن اختبار صحة منحنى رياضيا أسماه (باللوكسودروم – Loxodrome) وهو عبارة عن مسار

كاملــة للأرض حسب المعلومات المتوفرة آنــذاك (وكان أول من وضع التقويم العلمي) وثبت المناسبات الدينية والرسمية عليه – عن الويكابيديــا – أول من وضــع التقويم الشمسي والقمري كان البابليون عن التقويم السومري وقــد نسب اسم كتاب سنيل هذا إليه. (المترجم).

علـى سطح الكرة والذي يكون مع (خطوط الزوال – Meridians) زوايا ثابتة دائما. (وخطوط الـزوال هـي الدوائر العظيمـة الخيالية المرسومة على سطـح الأرض والتي تمـر بالقطبين الجغرافيين الشمـالي والجنوبي). نُشـرت أعمالـه وحساباته حول (اللوكسـودروم) والملاحـة بموجبها في الـ (Tiphys batavus). وللوكسـودروم شـكل الحلزون الكروي ويمثل الطريـق الواجب اتباعه عند السفر عندما تكون إبرة البوصلة المغناطيسية تشير دائما إلى اتجاه ثابت.

– خـير مـا يعرف به (سنيـل) اليوم هو أبحاثه حـول انكسار الضوء. والجديـر بالذكر أن الموضـوع لم يكـن جديدا، فقد انتعش الاهتمام به منذ قرون خلت تعود إلى زمن [بطليموس Ptolemy (165 – 85)]. وعلـى سبيل المثال، فقد اهتم هذا الجغرافي والفلكي الإغريقي العريق، والذي كان من رواد تينك العلمين بوضع جداول مفصلة لزوايا الانكسار وما يقابلها من زوايه السقوط للعديد من المواد، وتوصل إلى الاستنتاج بأن نسبة زاوية الانكسار إلى زاوية السقوط لابد وأن تكون ثابتة تقريبا لوسطين متلاصقين عند مرور شعاع من الضوء خلالهما، وقد يعبر اليوم رياضيا عن ذلك بالمعادلة التالية: $\theta_1 / \theta_2 = k_{12}$

– قـام (يوهانز كبلر – Johannes Kepler) كذلك بالعديـد من الحسابات، سطر فيها زوايا السقوط وما يقابلها من زوايا الانكسار للعديد من المواد، ولكنه لم يتمكن من إيجاد العلاقة الدقيقة بين الزوايا التي قاسها. وجد سنيل في عام (1621) والذي كان يشغل منصب الأستاذية في الرياضيات في جامعـة ليدن آنئذ، إن معادلة (بطليموس) البسيطة آنفة الذكر كانت خاطئة وواضب على إجراء تجاربـه الخاصة حتى نجـح في التوصل إلى القانون الصحيح لعلاقة زاويـة الانكسار بزاوية السقوط لسطح التماس بين وسطين، وبذلك وضع (سنيل) قانونه الذي يربط العلاقة بين نسبة جيوب الزوايا وليـس بين نسبة الزوايا المجردة ذاتها كمـا اقترحها (بطليموس) آنفا، ولكن إبداعه لم ير النور، وإنما اقتصر تداول اكتشـاف (سنيل) ذاك على شكل مخطوطات بصورة سرية ولم ينشر آنذاك أبدا.

– تذكـر معظم كتـب الفيزياء المنهجيـة – ككتاب (ارنولـد ارون – Arnold Aron) الموسـوم تصـور المفاهيم في علم الفيزياء – بأن القانون المذكـور كان قد جذب انتباه كل من (رينيـه دسكاريـه – Rene Descartes) و (هايكنز – Huygens) وقد قام (دسكاريه)

فعلا بنشره في صورته الحديثة في عام(1637)، ويعتقد الكثيرون أن (دسكاريه) هذا كان قد توصل إلى اكتشاف ذات القانون بصورة مستقلة وبالأخص الفيزيائيون الفرنسيون منهم، حيث يُعرف هذا القانون باسم (قانون دسكاريه) هناك.

وكما ذكر سابقا في مقدمة هذا الكتاب فإن اكتشاف وصياغة (قانون سنيل) كان قد تم على يد العديد من البحاثة على مر العصور، فأول من تفهم بصورة صحيحة العلاقة التي تضمها هذا القانون كان الرياضي العربي (ابن سهل – Ibn Sahl) حوالي سنة (984) للميلاد، وقد أعاد الفلكي والرياضي الإنكليزي (ثوماس هاريوت – Thomas Harriot) اكتشافه في عام (1602) ولكنه توفي قبل أن يتمكن من نشره، ومرة أخرى أعيد اكتشاف القانون من قبل (سنيل)، وكان ذلك في عام(1621) ولكن عمله ذاك لم يجد طريقه للنشر حتى عثر المكتشف وجامع المخطوطات الألماني (اسحاق فوسيوس – Issac Vossius) في حوالي عام(1662) على نسخة مخطوطة منه، والتي وجدت طريقها إلى (هايكنز) الذي استطاع أخيرا تفصيل ملاحظاته حول الموضوع في كتابه المنشور عام (1703) تحت عنوان (بصريات الانكسار – Dioptrica).

لم يتمكن سنيل – كما ذكرنا آنفا – من نشر أعماله بصورة نهائية ورسمية أبداً حيث طوى القدر صفحة حياته بُعيد اكتشافه لذاك القانون بسنوات قليلة. أما أول من تمكن من نشره ولأول مرة فعلا بصيغة الدوال المثلثية الجيبية فهو (دسكاريه) في عام (1637) وذلك في كتابه الموسوم (تصحيح السبل – Discourse on Methods)، والذي كان قد نشر فعلا في مدينة (ليدن – Leiden) الفرنسية بمعية كتابه الآخر الذي ضم بقية أعماله وتجاربه حول الضوء وصفاته تحت عنوان (بصريات الانكسار – Dioptrique). ومن اللافت للنظر أن (دسكاريه) هذا وعند نشره للقانون لم يذكر أية تجارب كان قد قام بها لغرض التأكد من صحته أو إثبات فعاليته. فاحت رائحة السرقة الفكرية والاقتباس غير المشروع من عمل (دسكاريه) إلى الحد الذي اتهمه (هيكنز) وغيره من العلماء بسوء التصرف والخُلق... لا أحد ينكر أن سيرة الرجل وتاريخه كانا قد أكدا زيارته لمدينة (ليدن) خلال، وبعد اشتغال سنيل بتجاربه على إثبات قانونه، إلا أن الأدلة المتوفرة لم ترتقِ إلى درجة اتهامه بما نسب إليه.

سُمّيت إحدى فوهات القمر والبالغ قطرها (82 كيلو مترا) باسمه (سنيليوس –

Snellius) تيمنا به، وتم إقرار ذلك في عام (1935) من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين.

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Arons, Arnold. *Development of Concepts of Physics* (Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1965).

Barry, Patrick L., "The New Black: A Nanoscale Coating Reflects Almost No Light," *Science News* 171(9): 132, March 3, 2007.

Brooks, Michael. "Illusions of a Starry, Starry Night," *New Scientist*, no. 2502: 30-33, June 4, 2005; contains information on black holes and negative refractive indices.

Hung, Edwin. *Beyond Kuhn: Scientific Explanation, Theory Structure, Incommensurability and Physical Necessity* (Aldershot, Hampshire, U.K.: Ashgate Publishing, 2005).

Leutwyler, Kristin, "New Material Reverses Snell's Law," *Scientific American*, April 9, 2001; see www.sciam.com/article.cfm?articleID=000A27C4-0C1B-1C5E-B882809EC588ED9F.

Lezec, Henri J., Jennifer A. Dionne, and Harry A. Atwater, "Negative Refraction at Visible Frequencies," *Science* (express online publication), March 12, 2007; see www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/1139266v1.

Livio, Mario, "Ask the Experts: Why Do Rainbows Form?" *Scientific American* 295(1): 104, July 2006.

Livio, Mario, "The Quest for the Superlens," *Scientific American*, 295(1): 60–70, July 2006.

Mackay, Tom, Akhlesh Lakhtakia, and Sandi Setiawan, "Gravitation and Electromagnetic Wave Propagation with Negative Phase Velocity," *New Journal of Physics* 7(75): 1-14, 2005; see www.iop.org/EJ/abstract/1367-2630/7/1/075/.

Rashed, Roshdi "A Pioneer in Anaclastics: Ibn Sahl on Burning Mirrors and Lenses," *Isis*, 81: 464–491, 1990; discusses Ibn Sahl's possible discovery of Snell's Law.

Struik, Dirk, "Snel," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

يظهر لي أن فكرة الاستحواذ على الأرض وإعادة بنائها لم تخطر على بال زوارنا الكونيين من خارج مجرتنا (درب التبانة)، أو من أحد أذرعها النائية البعيدة كالـ(إي تيز - E T s)!! ولكن من قبل مخلوقات أعقد وأغرب لابد وأن تكون قد أتت من كون آخر مختلف تماما عن كوننا هذا، حيث تتحكم بهم

وتسيطر عليهم مجموعة مغايرة كليا من القوانين تختلف جذريا عما عهدناه في كوننا هذا!! لقد تصادمت بل وتطاحنت الحقيقة الإنسانية التي تعتمد على (قوانين اينشتين) مع الحقيقة الإنسانية المغايرة تماما والتي جاء بها العلماء الذين سبقوه حتى تلاشت (وأُسقطت بالضربة القاضية) عند خط تماس الأولى بالثانية!! والآن... ها لقد فتحنا الباب على أنفسنا لتوقع كافة الاحتمالات في عالم علمي متحضر لا يمكن أن نجد أنفسنا نعيش في مثيل أسوأ منه أبدا.

كونتز

Dean Koontz، The Taking

مقتطف من كتابه (الاستحواذ)

لا تتضمن معادلة (سنيل) أي عنصر من عناصر السببية، ولا تتضمن أية شروط مسبقة، ولا تفسر لأي من العناصر المسببة للتغيير. إن الشعاع الساقط في ذاته لا يسبب الانكسار بل هي صفة أزلية له وجزء منه. وكما بإمكاننا التساؤل عن الأسباب التي تدفع الكواكب إلى سلوك مداراتها على الشكل الإهليجي كما وصفه (كبلر)، فإننا نستطيع أن نتساءل لم على أشعة الضوء أن تتبع (قانون سنيل)؟ ولكننا لن نجد الجواب لمثل هذين التساؤلين أبداً، وذلك لأن كلتا العلاقتين هما من المسلمات؛ قبلتها الفيزياء الكلاسيكية أم لم تقبلها، ولا سبيل لنا، لتفسيرها أكثر، ولا تتضمن أي عنصر يدلك على سببيتها.

فينرت

Friedel Weinert، The Scientist As Philosopher، Philosophical Cousequences of Great Scientific Discoveries.

مقتطف من كتابه: (العالم كفيلسوف - الخلفية الفلسفية لعُظميات الاكتشافات العلمية)

غالبا ما يجد الفيزيائيون أنفسهم مرغمين على ابتكار العديد من الكلمات والمصطلحات لتوضيح بعض المفاهيم التي لم يجدوا لها أي مشابه أو أساس في حياة الناس اليومية. لقد انسوا الابتعاد عن الاستعارات والتعابير الجديدة الغريبة واستأنسوا بالركون إلى استخدام التشبيه والمحاكاة لتوضيح ما يودون تفسيره. كان بإمكانهم مثلا، تفسير كل ظاهرة جديدة أو قانون وليد

اعتمادا على ظاهرة معروفة أو قانون تليد. ولكن الكل يتفق أن في كلام وتوضيح وتشبيه المفاهيم الفيزيائيـة مـن قبل (الفيزيائيين)، القديمة منها عامة والجديدة منها خاصـة لمـن الغرابة والتعقيد إلى الدرجة التي لابد أن يساورنا الشك والقلق بشأن حالتهم النفسية والعقلية لولا علمنا المسبق أنهم يتكلمون بلغة اسمها لغة الفيزياء.

كارل سيكان

Carl Sagan، Contact

مقتطف من روايته في الخيال العلمي (الاتصال).

لعلنا لا نجافي الحقيقة في شيء إن اعتبرنا موضوع (الهندسة الرياضية) أقدم فروع (علم الفيزياء) على الإطلاق، بدونها لم أكن لأستطيع التقدم خطوةً واحدةً على طريق تحقيقي لنظريتي في النسبية.

اينشتين

Albert Einstein، in his address، (Geometry and Experience) to the Prussian Acodemy of Science، 1921

مقتطف من خطاب له بعنوان (الهندسة والخبرة).

قانون المطاوعة لهوك

HOOK'S LAW OF ELASTICITY

إنجلترا، 1660 – يتناسب تغير أحجام المواد طرديا مع مقدار قوة التغيير المسلطة عليها.

محاور ذوات علاقة:

قانون نيوتن للجذب العام(NEWTPN'S LAW OF UNIVERSAL GRAVITATION)، وقانون بويل للغازات (BOYLE'S GAS LAW).

من أحداث عام 1660:

– استقرت موجات هجرة القرويين الألمان في إفريقيا الجنوبية.

– وصلت خزانات المياه المصنعة في فرنسا لصالح إنكلترا إليها.

– قدم الفيلسوف الطبيعي الايرلندي (روبرت بويل – Robert Boyl) ولأول مرة تجارب ونتائج أبحاثه حول إمكانية قتل الحيوانات الصغيرة وإطفاء النيران المشتعلة إذا ما حرمن من الهواء. واستنتج من ذلك وجود علاقة ما بين عمليتي التنفس والاحتراق.

نص القانون وشرحه:

ينص قانون مرونة (هوك) على أنه في حالة استطالة جسم معين، أو قضب معدني ما، أو نابض بمسافة مقدارها (x)، فإن (x) ستتناسب مع مقدار قوة الممانعة (F) التي سيبديها ذلك الجسم للقوة المسلطة عليه. كما في المعادلة التالية:

$$\boxed{F = -k x}$$

حيث (k) هو ثابت التناسب والذي غالبا ما يشار إليه (كثابت النوابض) حينما يُطبّق القانون السابق عليها، ويمثل هذا القانون تقريبا مقبولا وقابلا للتطبيق على بعض المواد مثل مادة الصلب (Steel) والتي تسمى (بمواد هوك) نسبة إليه، ولأنها تستجيب لقانونه ضمن مجال واسع من الحالات. أما بالنسبة للكثير من المواد الأخرى، كالألمنيوم مثلا فتعتبر تطبيقات

قانون هوك عليها محدودة جدا ولا تستجيب له إلا ضمن نطاق ضيق جدا من حيز مرونتها. وتعتبر المواد المطاطية من بين تلك التي لا تحتوي على (صفات هوك) بالنظر لاستجاباتها المعقدة لتأثيرات القوى المسلطة عليها. فعلى سبيل المثال تتحسس انضغاطية مثل تلك المواد بشدة لدرجة الحرارة المرفوعة إليها وتتبدل حسب مقدار التغيير في القوة المسلطة عليها.

يمر ذكر قانون (هوك) على طلاب المرحلة المتوسطة في دراستهم لفيزياء النوابض حيث يربط هذا القانون علاقة القوة (F) المسلطة على نابض ما لغرض شده (وتساوي (F) قوة ممانعة ذات النابض لتلك القوة) مع مقدار تمدده للمسافة (x). ويقاس (k) وهو ثابت النابض بوحدة القوة لكل وحدة طول. وتكتب المعادلة بعلامة سالبة وكما يلي:

$$F = -k\,x$$

للدلالة على أن القوة المتولدة في النابض تعاكس بالاتجاه مسار تمدده. فعلى سبيل المثال، إذا ما سلطنا قوة معينة على نابض لغرض شد نهايته إلى جهة اليمين فإن النابض ذاته سيولد قوة (ممانعة) لذلك الشد ويكون اتجاهها نحو اليسار، أما إزاحته فستُحسب من نقطة الشروع والانطلاق حيث (X = صفر). ويوفر لنا (ثابت النابض k) مؤشرا واضحا لمقدار تحمله، فالقيمة الكبيرة له تعني صلابته والقيمة المتدنية تعني ارتخاءه. والآن إذا افترضنا تعليق كتلة ما في نهايته – كمثال آخر – وكانت تلك النهاية عند نقطة شروع مقدارها (0.300 متر) والكتلة المعلقة مقدارها (0.200 كغم) فسيتمدد النابض وتصل نهايته إلى نقطة جديدة هي (0.330 متر). وعليه يمكننا حساب مقدار الإزاحة بطرح القيمتين فنحصل على (0.030 متر). ولما كانت قوة ممانعة النابض تعادل دائما وزن الكتلة المضافة إلى نهايته الحرة والتي يمكن حسابها بضرب الكتلة بالتعجيل الأرضي (ك x ج = 1.96 ن و(نون = نيوتن) هو قوة جذب الأرض للكتلة ك ويساوي وزنها)، فيمكننا حساب ثابت النابض (k) الذي استوجب تعليق كتلة مقدارها (1.96 نيوتن) لتحقيق إزاحة مقدارها (0.030 مترا) كالآتي:

$$k=1.96/0.030= 65.33\ N/m$$

ينطبق (قانون هوك) بدقة على الإزاحات القصيرة للأجسام. وقد يُعبر عنه أحيانا

بمصطلحات أخرى كالشدّ – Stress (ويُعرّف بأنه القوة المتولدة داخل المادة نتيجة تعرضها لقوة خارجية مسلطة عليها)، والاستجابة – Strain (وتُعرّف بأنها مقدار التشوه الناتج من تعريض أي جسم لقوة شد) هذا ويتناسب الحدان في نطاق ضيق لقوى الشد، ومن الجدير بالذكر أيضاً اعتماد قيمة (K) على طبيعة المادة المكونة للجسم قيد الدرس وعلى أبعاده وشكله. ويمكننا التعبير عن قانون هوك باستعمال مصطلحي الشد والاستجابة كالآتي:

Stress/ Strain = E (Modulus of Elasticity)

الشد/ الاستجابة = المطاوعة

والتي تُعرّف كذلك (بمطاوعة يونك)، والتي يمكن قياسها بوحدات الكيلوغرام/ المتر المربع أو بوحدات اللبرة (الباوند/ الانج المربع).

بينت مناقشتنا أعلاه تصرف المواد وإزاحة الأجسام في اتجاه واحد أي في بعد واحد. وقد قام الرياضي الفرنسي [اوكستين لوي كوشي (1789–1857) Augustin Lois Cauchy] بتعميم (قانون هوك) ليشمل القوى المسلطة بثلاثة أبعاد على الأجسام المطاوعة، وبحيث تعتمد مثل تلك العلاقة المعقدة على ستة عناصر للشد تفعل فعلها لتوليد ستة من عناصر الاستجابة، وعليه تتولد لدينا علاقة معقدة من عناصر الشد والاستجابة تكتب على شكل مصفوفة ذات (36) حدا.

أما ما يحدث حقا داخل الكيان البلوري لأي عنصر أو فلز يُعرض للشد، فهو إزاحة مؤقتة لذراته القابلة للحركة داخل كيانه ذي الأبعاد الثلاثة والتي تزول لترجع كافة الذرات إلى اصطفافها السابق (أي إلى شكل الفلز السابق) حال زوالها.

للفضوليين فقط:

- كان هوك من أشد المتحمسين والمدافعين عن نظرية التطور البيولوجي في الوقت الذي آمن غالبية المتعلمين والمثقفين بـ (كتاب التكوين – The Book of Genesis) فوجدوا أنفسهم في غاية الحرج أمام الأدلة العلمية (للأحافير والمتحجرات – Fossils).
- لقد احتدم الصراع والنزاع والكره بين (هوك) و(نيوتن) والذي كان السبب في ضياع

العديد من اختراعات الأول. لقد بلغ مقت نيوتن لهوك درجة جعلته يصر على إزالة كافة صوره من غرف وقاعات المجمع العلمي الملكي، كما وحاول إقناع المجمع مرارا برفض أعماله وحثهم حتى على حرق كتبه وأوراقه.

- أُعيد اكتشاف مخطط أحد اختراعات هوك – وهو جهاز لقياس العمق البحري عام (1950) في مكتبة كلية (ترنتي – Trinity) في (كمبردج – Cambridge).
- أعيد نبش رفاة (هوك) في القرن الثامن عشر، فتبعثرت بقايا قبره وشاهدته في دهاليز المجهول.
- اخترع (هوك) آلة تعتبر شكلا مبكرا لمساعدة الصم على السمع أسماها (المسماع الذاتي – Otocousticon).
- اقتنى المجمع العلمي الملكي في عام (2006) مخطوطة نادرة يعتقد أنها (لهوك) يعود تاريخها إلى القرن السابع عشر بمبلغ (1.75 مليون دولار)، شملت كل ما جاء في، والتفاصيل المذكورة خلال اجتماعاته ومحاضرها، وفيها عرّى هوك خصميه ؛ اسحاق نيوتن (Issac Newton) وروبرت بويل (Robert Boyle) وادعى سرقتهما لأفكاره. كما سخر أيضا في ملاحظاته تلك من خرف صانع الميكروسكوبات الألماني المعروف (انتون فان ليفنهوك – Anton van Leeuwenhoek) والذي (كان كثيراً ما يذكر ويسجل رؤيته للعديد من – الحيوانات – الصغيرة من تحت عدسة مجهرة، خلال موجات هذيانه في حين قلما كان يجدها في صحوته).

من أقوال العظماء:

لم يظلم وينسى التاريخ شخصا كما ظلم ونسي (روبرت هوك) الذي يعتبر من أعظم ما أنجبته البشرية من فلاسفة الطبيعة والعلم. لقد كان الرائد والمبتكر والمخترع لـ... بؤبو الحجاب الحاجز للكاميرات وآلات التصوير وللمفصل ثلاثي الاتجاهات المستعمل في السيارات، وللرقاص الدائري للساعات، وكان أول من ابتدع كلمة الحجيرة (Cell) واستعملها في علم الأحياء وكان... (من بين ما برع فيه من أعمال) معماريا ومجربا فذا وفلكيا نطاسيا... ومع كل ذلك لم يُعرف إلا بقانون المطاوعة الذي حمل اسمه. كان

هوك آخر عظماء فترة التنوير في أوربا وكان (ليناردو دافنشي الإنكليز) بلا منازع.

عن مركز روبرت هوك العلمي

(www.roberthooke. org. UK)

لقد مني روبرت هوك بسوء الطالع ولاحقه النحس منذ ولادته وحتى وفاته..!! لقد كان شخصا سيئ الهيئة أكسبته إصابته بالجدري منظرا قبيحا ويتّمه والده (بانتحاره) ولما يبلغ الثالثة عشرة من عمره. سُرقت أكثر أعماله وشُهرته وجُلّ بنات أفكاره ودُمرت الكثير من اختراعاته – عن قصد – أو فُقدت بعد وفاته في عام (1703).

سمث

- Maurce Smith،(Robert Hooke، The Inspirational Father of Modern Science in England).

من كتابه (روبرت هوك - الأب الملهم للعلوم الحديثة في إنكلترا)

لقد كانت سرعة الانتقال من الفكرة إلى استبصار تطبيقاتها من أهم سمات هوك الفكرية... لقد كان بإمكانه إمطارك بفيض من الأفكار الملهمة اللامعة بلا توقف.

وستفول

Richard Westfall، (Robert Hook)، in Dictionary of Scientific Biography

من المدخل المخصص له في (معجم سير العلماء الذاتية).

آمن هوك: (بقابلية واستطاعة الآلات على توسيع مداركنا وإحساسنا بما حولنا وجعل حواسنا أكثر مصداقية وثقة، فلابد من تجهيز كافة المنشآت بالآلات... بل ولابد لنا من الشروع والاستمرار في إضافة الجديد منها إلى الطبيعة)، لقد شجع ليس على استعمال ما هو موجود فعلا من مكروسكوبات وتلسكوبات آنذاك فحسب، ولكنه حثّ أيضا على استنباط ما يمكننا من الإحساس بـ... ودراسة (المغناطيسية)؛ تلك الظاهرة التي لم تكن بيّنة لعيان الجميع آنذاك بعد.

بَنَتْ

J. A. Bennett، (Robert Hooke as a Mechanic and Natural Philosopher

مقتطف من كتابه (روبرت هوك، الميكانيكي والفيلسوف الطبيعي).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

[روبـرت هـوك (Robdrt Hooke (1635-1702] رياضـي وموسوعي وفيزيائي إنكليـزي اشتهـر بقانـون المطاوعة الذي يحمـل اسمـه... وبالعديد من الأعمـال النظرية والتجريبية.

– ولـد (روبرت) لأب متدين علـى إحدى الجزر البريطانية المسمـاة (ويت – Wight) والواقعـة على الساحل الجنوبي لإنكلترا. أراد له والده دخول السلك الكنسي ولكنه سرعان مـا تنازل عن طموحه لولـده بسبب كثرة علل الابن وشكواه الدائمـة من الصداع. لم تتوقع العائلـة أن يعيش (روبرت) طويلا فلم تعر لتعليمه بالا ولا اهتماما، وتُرك بلا دراسة ليمارس ما تميل إليه نفسه وليعمل ما يسوقه إليه هواه. شغف بالألعاب الميكانيكية والساعات وما شابه ذلـك، ونما لديـه حب التفكير والابتكار فاخترع ساعة خشبيـة وبنى نموذجا مصغرا لسفينة كاملة التجهيز، بما في ذلك مدافعها التي تطلق النار.

– قـرر والده الذي كان قد أصيب (باليرقان)[1] عـام (1648) إنهاء معاناته وكمده الذي طـال فشنق نفسه. قررت العائلة المفجوعة بفقيدها الرحيل إلى لندن لاستثمار موهبة الشاب روبرت بالرسم وإلحاقـه كمتدرب تحت يد أحد الفنانين في مرسمه، ولكن الشاب الطموح سرعـان ما فقد اهتمامه بذلك وصار يبحث عن تعليم أعمق واكثر تعقيدا وأهمية فعقد عزمه على الالتحـاق بمدرسة وستمنســتر (Westminster School) ونجح في ذلك أيما نجاح حتـى أنـه (التهم) الأجـزاء الستة لكتاب (العناصـر – Elements) الشهير لـ (اقليدس – Euclid) ولمـا ينصـرم الأسبوع الأول من دخوله إلى تلك المدرسة. ظهر نهم (كوك) جليا ومبكـرا للتحصيل العلمي والاستزادة فتعلم وأتقن اللاتينية والإغريقية وشيء من العبرية كما بـرع في العزف علـى الأرغن. وداوم في سعيـه ذاك، فدخل عـام 1653 (كلية كرايست –

(1) Jaundice – أو أبو الصفار – فشل تعامل الكبد مع مادة البليروبين وطرحها حرّة إلى الدم مما يؤدي إلى اصطباغ عموم الجلد وقرنية العين بالأخص باللون الأصفر. (المترجم)

Christ College) في أكسفورد، حيث درس علمي الفلك والميكانيك، هذا وقد برع هوك خلال حياته وتميز بقابليته على هضم واستيعاب العديد من الحقول العلمية فتوسعت اهتماماته وتشعبت دراساته حتى شملت:

– العديد من حقول العلم كالفيزياء، وعلوم الفلك، والكيمياء، والأحياء، وعلوم الأرض، والهندسة المعمارية، وحتى تقنية الملاحة العسكرية البحرية. وكثيراً ما تزاحمت الأفكار داخل رأسه حتى أنه كان كثيرا ما يُرى وهو منشغل بالعديد من الأعمال، منغمساً بالكثير من المشاريع، في مواضيع مختلفة في ذات الوقت.

– في عام (1655) عيّنَ (روبرت بويل 1691 – Robert Boyle(1627)) الشاب (هوك) مساعداً له لبناء مضخة الهواء التي كان (بويل) بصدد إنشائها لإكمال تجاربه اللازمة لوضع الصيغة النهائية لقانونه في الغازات، ويعتقد بعض المؤرخين أن (هوك) نفسه هو من كان وراء الصياغة الفعلية (لقانون بويل) المذكور ولكن لا أحد يعلم ما كان دوره بالضبط في تلك التجارب.

– في الوقت الذي كان فيه (هوك) مشغولاً بتجاربه في موضوع الغازات مع (بويل)، كان منغمسا أيضا في تجاربه وأعماله لتحسين الساعات، وخصوصا تلك التي سيكون بإمكانها ضبط الوقت على السفن وسط المحيطات والبحار. لقد أدرك هوك – وفي وقت مبكر – عدم جدوى البندول لضبط الساعات على السفن المترنّحة بفعل الأمواج، وعليه فقد فكر ببديل آخر، ووجد أن استخدام (النوابض بدل الجاذبية) لهو الحل الأمثل لتزويد مثل تلك الساعات الميكانيكية بالطاقة. شرع هوك في تنفيذ أفكاره في أواسط عام (1658) ونجح في بناء ساعة تُدار بنوابض حلزونية كما استطاع تطوير وتحسين طرق نقل الحركة الميكانيكية فيها وزيادة دقتها.

– وفي الوقت الذي كان فيه منغمسا في تجاربه حول الساعات، اكتشف قانونه المعروف باسمه الآن، والذي حاول تطبيقه على ساعاته وإيجاد العلاقة بين قوة الشد المسلطة على نوابضها الحلزونية ومقدار مطاوعتها ومرونتها لتقبّل مثل ذلك الشد. ولكنه لم يتمكن من نشر قانونه ذاك وجعله في متناول العلماء وإيصاله إلى إدراك العامة إلا في عام (1678).

ومـن الجديـر بالذكر هنا أنه على الرغم من كون ذلـك القانون لا يمثل فتحا مبينا في تاريخ الاكتشافات ولا الاختراعات إلا أنه لم يسبقه أحد إليه دقة ووضوحاً.

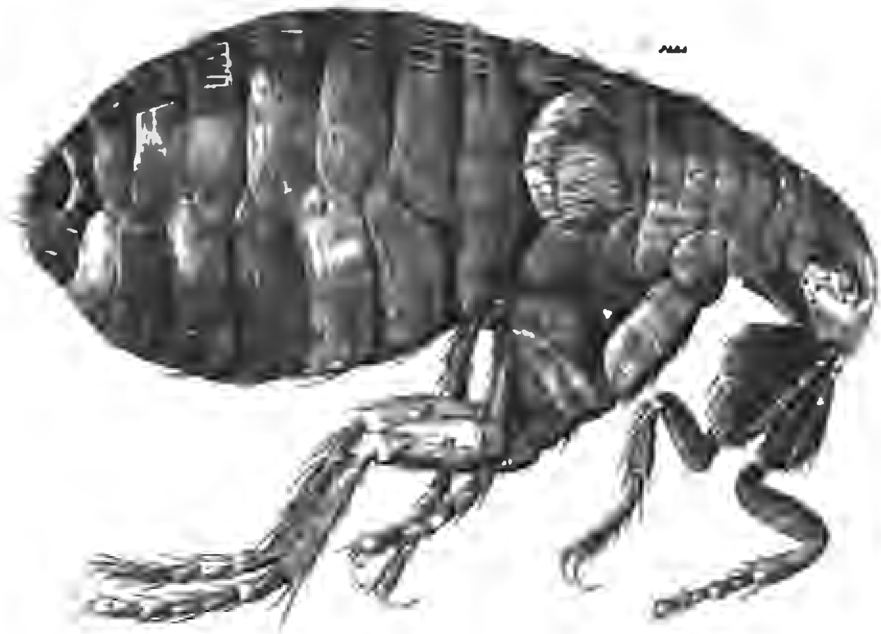
– تمكن هوك في عام (1664) من تسجيل وجود بقعة على الحزام المحيط بكوكب المشتري، كان ذلك لأول مرة، ولأول مرة اعتقد هوك أن ما رآه وما شاهده الفلكيون بعده انما هو احدى الظواهـر الثابتة لذاك الكوكب وليس مجرد ظل لأحد أقماره عليه. هذا ومن الجدير بالذكر أن هوك كان وبمعية بعض فلكيي تلك الحقبة العظام من أمثال الفلكي الإيطالي [جيوفاني دومنيكو كاسيني (Giovanni Domenico Cassini (1625 – 1712]. والرياضي والفيزيائي الألماني الشهير [كرستيان هيكنـز (Christiaan Huygens (1629– 1695] من أوائل الفلكيـين الذين نذروا أنفسهم لمراقبة سطح كوكب المشترى ذي الحلقات المذهلة بدقة وروية منقطعتا النظير.

– تسنّم في عام (1665) كرسيّ الأستاذية في الهندسة في كلية (كريشام – Gresham) بلندن والـذي مكنه من التمتع بمزية السكن الجامعي في الكلية وإلقاء المحاضرات في اللغتين الإنكليزية واللاتينية على حساب تعهده الشخصي بعدم الارتباط والزواج خلال فترة بقائه في الكلية.

– وممـا يشهـد لـه التاريـخ ؛ قيام هوك في عام (1665) بنشر كتابه القيم (المايكروغرافيا – micrographia) أو الموجـز، والـذي كان قد نشر فيه صورا مذهلة لكثير من مشاهداته الميكروسكوبيـة مع ملاحظاته للعديد مـن النماذج المتنوعة والتي تفاوتت ما بين نماذج نباتية ونمـاذج حيوانية، وحشـرات متنوعة كالبراغيث مثـلا. لقد كان هـوك أول من صاغ كلمة حجـيرة (Cell) وعنى بها وحدة بناء الكائن الحي سواء نباتيا كان أم حيوانيا ولعل ملاحظته المستمرة لوحدات بناء النبات (الحجيرات أو الخلايا) وفي مقارنة لها ببيوت النساك المحفورة في الصخور والجبال ما ألهمه إطلاق ذلك الاسم عليها وقد وفق في تلك التسمية كل التوفيق، وإليك ما كتبه في كتابه (المايكروغرافيا) حول وصفه لوحدات بُنية قطعة من الفلين حين قال:

((لعل خير ما يخطر على بالي عند تمعني وفحصي لكل تلك الثقوب هو تشبيهها بخلية النحل، هذا وإن كانت لا تضاهي خلايا النحل في هندستها ونظامها حقا إلا أنني متأكد

- والحق يقال - بأني لم أر أبدا ما يشابه مثل تلك (الثقوب) أو (الحجيرات) من قبل، ولعلي على يقين من عدم رؤيتها من قبل أحد غيري لأنني وببساطة لم أقع على أي نص لكاتب أو ملاحظة لعالم سبق وأن وصف ما أشاهده الآن بأم عيني)).



البرغوث، مقتبس من (المايكروكرافيا)، مؤلف هوك الذي نشر عام 1665.

كان للمؤلف الضخم والعمل العظيم الذي قام به (هوك) والمسمى (بالميكروكرفيا أو الموجز) صدا واسعا اهتم بتحقيقه ودراسته الكثيرون، من أمثال (روبرت وستفول - Robert Westfall) الذي كتب عن ذلك العمل في معجم سير العلماء الذاتية ما يلي:

(ستظل (الميكروكرافيا) قمة الإنجازات العلمية في القرن السابع عشر بلا منازع، حيث ضمت بين دفتيها باقة عطرة مفصلة من الدروس والعبر من شتى ممالك الحيوان والنبات وعالم المعادن.

وأهم ما يميزها فوق كل ذلك إلقاءها الضوء وفتحها الباب على مصراعيه على أهمية المجهر وما يمكن

أن يقدمه هذا الجهاز العلمي الفريد لعلوم الأحياء).

لقد شغل (روبرت هوك) إضافة إلى كل ما سبق، منصب عمدة (مدينة لندن) وقد أشرف بنفسه، وساعد بجدارة في عمليات إعادة إعمار المدينة بعد الحريق العظيم الذي دمرها عام (1666). ومن بين أعماله بُعيد ذلك الحادث، قيامه بتصميم العديد من المباني مثل مستشفى بثلم الملكية (Bethlem Royal Hospital) والكلية الملكية للأطباء (Royal College of Phsicians) حتى إن قبة كاتدرائية القديس بول (St. Paul's Cothedral) كانت قد شُيدت وفق تعاليمه في البناء.

من بين ما شغل به هوك، واستنزف الجزء الوفير من وقته، كان دراسته لعلم طبقات الأرض ولعلوم الحفريات، وقد شاعت في زمانه وانتشرت العديد من النظريات التي تفسر مصدر المتحجرات والأحافير الحيوانية والنباتية، والتي كان كثيراً ما يعثر عليها العلماء والعامة في مختلف الغابات والجبال، وعند ضفاف الأنهار وقرب سواحل البحار. ومن بين أغرب تلك النظريات - التي كانت واسعة الانتشار، بل وشديدة القبول في ذاك الزمان - تلك التي افترضت (نمو) المتحجرات داخل جوف الأرض بطريقة تُشابه إلى حد ما (نمو) الأجنة في الأرحام، فلقد أفترض وجود (قوة تشكيل غامضة) لها قابلية توليد الصور المتحجرة لكافة المخلوقات وطبعها على الصخور. نال (هوك) شرف كونه أول من أماط اللثام عن أسرار عالم المتحجرات بواسطة مجهره، فقد لاحظ التشابه التام بين أشكال وتفاصيل الأخشاب ونجوم البحر المتحجرة، مع مثيلاتها من الأخشاب والأصداف الطبيعية فقام بتسجيل ملاحظاته بدقة وأتقن مقارنة الأخشاب الطرية بمثيلاتها المتعفنة ثم بأشباههما المتحجرة واستنتج بعد طول بحث وتمحيص بأن للخشب إمكانية التحول إلى حجر عبر عمليات تحلل متعددة ومعقدة وعبر فترات طويلة جدا من الزمن فكتب يقول في (الميكروكرفيا) البديعة:

((لقد استحالت هذه الأخشاب المدفونة وخلال فترات مكوثها مغمورة ومشبعة بالمياه المتقادمة (اي تلك التي تشبعت بالحجارة الدقيقة والجزيئات الضئيلة)[1]، وبواسطة

(1) لاحظ عدم إتيان هوك على ذكر (الأملاح الذائبة في المياه) كون مصطلحات الأملاح والمركبات لم تكن قد عرفت بعد. (المترجم).

الانفصـــال التدريجي والمتكرر عبر الزمن للجسـيمات الحجرية من الماء المتغلغل ما بين طياتها وأجزائها، والذي فعل فعل المادة الناقلة أو الواسـطة الحاملة لها وترسيبها ليس فقط إلى داخل ثقوب الأخشـاب المجهرية (ويقصـد بها حجيرات وخلايا الخشـب)، وإنما سـاعد في تغلغلها إلى الأغشية الفاصلة بين تلك الثقوب أيضا، وعليه يظهر لي من خلال النظر إليها عبر المجهر أنها متحجرة قاسية وصلبة، إضافة إلى احتوائها على كافة تفاصيل مثيلاتها اللائي نراهن طرية بين أيدينا)).

لقـد استطاع (هـوك) التوصل إلى... بل وآمن بحقيقة (الانقراض) حين قال: لاشك أن العهود الغابرة والأزمان البعيدة كانت قد شهدت وجود العديد من أنواع المخلوقات التي لا نجد لها أثرا اليوم، وليس من المستبعد – بناء على ذلك – أن يكون ما نشاهده الآن هو أنواع جديدة حديثة منها لم تكن موجودة آنذاك.

لقد بهرت (الميكروكرافيا) السواد الأعظم من الناس لاستطاعة هوك – فيهـا – النظـر إلى، ووصف العديد من الأشياء المعتادة بطريقة بدت في منتهى الغرابة والإعجاب مثل رؤية رأس الإبرة المدبب على شكل (جزة) كبيرة تحت عدسة المجهر، ولم يأل جهدا للنظر إلى، ووصف كل مـا وقعت عليه عيناه وامتدت له يداه بما في ذلك القمـل والبراغيث وإبر النحل العاقصة وأعين الذباب!!... والتي مثلت صورا جذابة مذهلة كانت الملهم الأساسي، والصّوان القادح لأفكار العديد من العلماء والكتاب والعامة والحافز لقرائحهم جميعاً.

لقد أبدع (ألن دريك – Allen Drake) في وصف وإخراج مساهمات (هوك) وما أضافه لعلم طبقات الأرض في كتابه الموسوم: (العبقري المضطرب: روبرت هوك وأفكاره الحجرية) حين قال:

لقـد انبهر كل خبـير بعلوم الأرض وتعجب حينمـا اطلع على كتـاب روبرت هوك (الإفصـاح عن أسرار الهزات الأرضـية) لما امتاز به من قابلية فذة للتنبؤ، وحدس فريد لاسـتشراف ووضـع الفرضيات الخاصـة بتكوين الأشـكال والتضـاريس الأرضية، وتفسير مصدر المتحجرات وشرح نظرية التطور... إلى ما هنالك من توضيح للكثير من التغيرات والتقلبات والتي ما فتئت تحدث على هذا الكوكب. وعليه فليس من المحاباة

اعتبار (هوك) واحدا من أكابر علماء الأرض في التاريخ كما كان الموجد والمطور للكثير من الحقول العلمية والتكنولوجية الأخرى.

شغف هوك بعلوم التنفس وهام بفهم طريقة عمل الرئتين. ففي إحدى تجاربه اقنع أصحابه بضخ الهواء خارج خزانة حديدية ضخمة محكمة حبس نفسه داخلها!!

لم تسعفني مصادري في الاهتداء إلى ما دار في خلد هوك وما أراد أن يستنتجه من وراء تلك التجربة ولكن ما يؤكده التاريخ وتدعمه المصادر هو أنه بعمله ذاك كان قد أتلف أذنيه وأسلم نفسه للصمم من جرائها!! ومن المرجح أنه كان يروم دراسة واختبار تأثيرات انخفاض الضغط الجوي على أجساد البشر. هذا وقد عمل في تجربة أخرى على فتح صدر كلب وإيقاف حركة رئتيه وإخراجهما من صدره، ثم عمد إلى إلصاقهما ببالون مطاطي يجهزهما بالهواء باستمرار وذلك من أجل دراسة أهمية القفص الصدري، وكيفية عملهما في فعالية التنفس خارجه.

لقد كان هوك مخترعا غزير الأفكار والإنتاج بلا منازع في ميدان ابتكار وتطوير الساعات، ولعله من الأرجح أن يكون قد اخترع (النابض القبان) الذي يتمدد بفعل الثقل المعلق به ويرتد إلى موضعه الأول دالا على وتيرة منتظمة. وقد درس الألوان المتولدة من مراقبة الأغشية الرقيقة وطبقات (الميكا)، كما درس، واخترع، وطور العديد من أجهزة القياس (كالبارومتر – Barometer)، وهو المضغاط لقياس الضغط الجوي و(الانيمومتر – Anemometer)، وهو المرياح لقياس إزاحة الرياح و(الهيكروميتر – Hygrometer)، وهو المرطاب لقياس درجة الرطوبة في الهواء، ولقد استوحى هوك فكرة اختراعه لذلك المرطاب من ملاحظة ذكية طريفة عندما تأكد من أن شعر ذقن العنز يلتوي عند جفافه ويستقيم عند ترطبه! مما يعكس دقة ملاحظة اتسمت بالحدة ورجاحة عقل اتسمت بالعبقرية. ومما يؤسف له أن مخترعنا العبقري هذا كان متبرما بحاله، غير راض على تقييم زملائه له، آسفا على نحوه منحى المخترعين، رغم شغفه المتناهي بتلك الصنعة، فعلى سبيل المثال إليك ما كتبه (جم بنت – Jim Bennett) عن المعاناة والمرارة التي تجرعها صاحبنا في حياته وبين أقرانه في كتابه (روبرت هوك: الميكانيكي والفيلسوف الطبيعي) حيث قال:

((طعمت المرارة معظم محاضرات كوك وأطروحاته في أواخر أيامه، حيث كثيراً ما يمكنك

إحساس لوعته وهوانه على نفسه يتدفق من بين سطور ما كتبه ويتجسد من بين حروف ما تفوه به، فلقد عاني هو بنفسه وآمن بمصير المخترعين المشترك فوصف معاناته ومعاناتهم من التهكم والسخرية وقلة الاهتمام والإهمال والحيف، رغم ما يحف بصنعتهم تلك من صعوبات ومضايقات تجبرهم دائما على طلب الكفاف والاقتصاد، فهم مظلومون أينما حلوا؛ تُطمس حقوقهم وتُسرق جهودهم وغالبا ما يُنسب الصالح من أعمالهم لغيرهم...))

ذاك كان المناخ الذي عاش فيه هوك وعاصره، ولكن إصراره على المواجهة والمطاولة كان قد أكد أصل معدنه وشرف هدفه، الأمر الذي هداه إلى اختراعات وأفكار أخرى، منها اقتراحه الحصيف باختيار درجة حرارة (الصفر) كعلامة لدرجة انجماد الماء، واختراعه للمنفاخ الهوائي الذي ظل قيد الاستعمال لسنين طويلة، وتمكنه من تصميم وبناء أقوى المجاهر في زمنه حتى إنه تمكن من رفع قوة التكبير إلى 30 مرة. كما أنه كان أول من ابتكر (المفصل العملي الشامل– Uneversal Joint) وأول من اخترع المرقاب الفلكي(التلسكوب – Telescope) الكريكوري[1] العاكس (وهو مرقاب تتوسط قلبه مرآة أساسية على شكل القطع الناقص – Parabolic)، كما كان أول إنسان شهد له التاريخ اكتشافه لنجم ثنائي، وهو الاسم الذي يطلق على تشكيلة من نجمين يدوران حول مركز كتلتيهما، كما كان أول من اقترح – وبعبقرية منقطعة النظير – مبدأ التربيع العكسي للتعبير عن تصرف قوى الجاذبية، إلا أن الوسيلة الرياضية لإثبات ما ذهب إليه لم تكن في متناول يده آنئذ. ولكن الحقيقة ستظل ماثلة تشهد بفضل أفكار (هوك) وطروحاته على بلورة أفكار (نيوتن) ونظرياته حول ذاك المبدأ رغم فشله هو نفسه في اكتشافه.

لقد كره (هوك) و(نيوتن) أحدهما الآخر ومقته لسنين طويلة تخللتها العديد من السجالات، وتربُّص أحدهما بالآخر، فقلد استشاط نيوتن غضبا في عام (1672) حينما

(1) (1) نسبة إلى Pope Gregory I – أحد القساوسة العظام (540 – 604 ق.م) وسمي بالقديس، وبكريكوري المتحدث وكان كاتبا مستنيرا ملهما وقد شغل منصب طبيب الكنيسة وأحد الآباء الست اللاتينيين، ويعتبر آخر البابوات الصالحين وهو مثال الموسيقيين والمغنين والطلاب والمعلمين في المسيحية، ومنح اسمه لقبا لمن خلفه في السلك البابوي.(المترجم).

انتقد (هوك) بشدة تجاربه وإيضاحاته حول استعمال (الموشور) لفصل الضوء الأبيض إلى مكوناته الملونة السبعة المعروفة. وفي عام (1679) اقترح هوك على نيوتن – وخلال حديث هادئ نادر دار بينهما – إمكانية وجود علاقة جذب بين الأجسام الكونية وأن هذه العلاقة لابد وأن تتخذ شكل تناسب التربيع العكسي... لقد أغفل نيوتن – وكما كان متوقعا – أي ذكر لغريمه ولفكرته، ونسبها كاملة لنفسه عند نشره لكتابه ذائع الصيت المبادئ الرياضية (Principia Mathematica) عام 1687، وتهكم ببساطة واستعلاء عند رده على استفسار غريمه قائلا: (**أسنأخذ بقول كل قائل بأن هناك إمكانية حدوث أمر ما ونكافئه بالثناء والتبجيل، إن قولك – بوجود حقيقة ما شيء وإثباتها رياضيا – وهذا ما أخفقت أنت فيه – شيء مختلف تماما**).

وبالإضافة إلى احتقار (نيوتن) له، فقد مر ذلك العام و(هوك) غارقا بالأحزان، ويلفّه الإحباط، فقد شاء القدر أن ينتخب ابنة عمته (والتي كان حبها قد ملك سويداء قلبه عليه) إلى جواره في ذاك العام مما أثر سلبيا على صحته فبدأت بالتدهور السريع.

وصفه كاتب سيرته الذاتية (ريجارد وستفول – **Richard Westfall**) في مؤلفه (معجم سير العلماء الذاتية) بأنه:

> **((كان ذا كيان جسدي ونفسي مقهور، مشوه ومتهالك، أضافت تعاسه مظهره إلى تعاسة صحته الكثير. أضف إلى ذلك تميزه بشخصية عُصابية قسرية جعلته دائم الحساب لنفسه مانعا إياها من مجرد ترف الشعور براحة البال ولو ليوم واحد. لقد كانت شخصيته الحادة المتقلبة وظهره المقوس المعوج خير قالب يصب فيه ماراثون أحزانه وأكوام شجونه ودوام تقريعه لذاته)).**

يكاد يجزم أطباء العظام اليوم بإصابه هوك بداء تقوس العمود الفقري(Scoliosis) وهو عبارة عن داء تآكلي مزمن يؤدي إلى الانحراف غير المتناسق للعمود الفقري وتقوسه في غير مواضعه الطبيعية.

طويت صفحة هذا العالم الجليل في مساء يوم الثالث من شهر آذار (مارس) من عام (1703) بعد أن أصيب بالعمى من جراء تفاقم داء السكري الذي سبق وإن عانى الأمرّين منه طويلا حتى أكلت جلده تقرحات الفراش المؤلمة لعام كامل قبل ذلك.

لم يتــزوج (هــوك) قط رغم يسر ذات يده، فقد كانت مهمات المسح الجيولوجي التي قام بها تدر عليه الكثير. لا تجد اليوم أي شاهد على مرقد رفاته فقد طُمس قبره فلن تجد إليه اليوم سبيلا.

وأخــيرا سُميت إحــدى فوهات القمر وهــي بعرض(36 كيلومترا) باسمــه الأمر الذي صادقت عليه الجمعية العامة لاتحــاد الفلكيين العالميين في عام (1935)، كما سُميت إحدى فوهات المريخ باسمه كذلك.

أرّخ (ستيفــن انــوود – Stephen Inwood) مؤلف كتاب [العبقري المنسي: روبرت هوك (1635–1702)] للحظات وداعه الأخيرة قُبيل مواراته الثرى ووصفها كما يلي:

((أُســجي جثمان الدكتور روبرت هوك، شــاغل كرسي (الأســتاذ كريشام– Gresham) للهندسة ومنظر ورائد تجارب المجمع العلمي الملكي، على سريره، وقد لفته الكآبة، وطغى المنظر الأليم عليه في مماته الآن، كما كان يغشاه في حياته قبل ذلك ؛ محاطا بسمائل بالية من خرق ثوبه المجعد الملفوف حول جســده النحيــل، وقد ملأت طياته جحافل (القمــل) إلى الحد الذي أبعد الجميــع عن مجرد التقرب لإلقاء نظــرة الوداع الأخيرة عليه. آلت الأمــوال والثروة التي تركها هوك لإحدى قريباته (ولعلها كانت ابنة عمه) اليزابث ستيفنز (Elizabeth Stephens) والتي خير ما عُرفت به هو جهلها المتقع وختم توقيعها الذي حمل شكل «خطاف قرصان»)).

كتبت (ليزاجاردن –Lisa Jardine) في مؤلفها الموسوم (الحياة المثيرة الغامضة لروبرت هوك) تؤكد عدم خلود الكثير من أعمال (هوك) بعده رغم العشرات بل والمئآت من الأفكار والإنجازات التي قام بها فعلا في حياته قائلة:

((جُلّ ما يعرف به هوك الآن هو كونه ذلك العالم المضرور، صعب المراسي، سيئ المعشر، والفيزيائي الجامع (لكل العلوم) سيئ الحظ، والعدو اللدود للسر اسحاق نيوتن، ومن المؤسسين المغمورين للمجمع العلمي الملكي. ولكن على الرغم من سطوع ولمعان اسمه في ســماء القرن الســابع عشر وإضــاءته لحياة إنكلترا العلمية آنذاك لكثرة إنجازاته في حقول معرفية متنوعة متباعدة تراوحت ما بين التشريح البشري إلى الرسم التخطيطي، ومن المعمار الهندسي إلى صناعة الآلات العلمية، إلا أن سخرية القدر أبت إلا أن تنسى

أعماله جميعا فصار لا يعرف اليوم إلا بقانونه للمطاوعة)).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Bennett, Jim, "Robert Hooke as Mechanic and Natural Philosopher," *Notes and Records of the Royal Society of London* 35(1): 33–48. July 1980.

Bennett, Jim. Michael Cooper. Michael Hunter, and Lisa Jardine. *London's Leonardo: The Life and Work of Robert Hooke* (New York: Oxford University Press, 2003).

Drake, Ellen. *Restless Genius: Robert Hooke and His Earthly Thoughts* (New York: Oxford University Press, 1996).

Hooke. Robert, *Micrographia* (digital download version): see www.gutenberg.org/etext/15491. Available on CD-ROM (Oakland. California: Octavo, 1998).

Inwood, Stephen. *The Forgotten Genius: The Biography of Robert Hooke 1635–1703* (San Francisco: MacAdam/Cage Publishing, 2005).

Jardine, Lisa. *The Curious Life of Robert Hooke: The Man Who Measured London* (New York: Harper Perennial, 2005).

"Robert Hooke"; see www.roberthooke.com.

Westfall, Richard, "Robert Hooke." in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

إن قطيع الشـياه الذي يتألف من أفراد منفصلين مستقلين الواحد منها عن الآخر لهو قطيع بالافتراض الذي ألبسناه إياه في تصورنا فحسب. إن صفة الجمع والجماعة هي مفهوم استعاري أضفاه عليه الإنسان وحسب، بمعنى أنه مفهوم (خيالي) يتحقق بالإدراك البشري لاغير.

والآن وكما نعلم فإن لهوك كان سـبق الريادة في إثبات حقيقة تكون الجسم البشري من آلاف الملايين من الوحدات الصغيرة التي أسماها (الحجيرات أو الخلايا)، وبناء على ذلك؛ ألا يمكن (كما يحدث عند إحاطة أفراد القطيع بهالته كافتراض خيالي محض كما أسـلفت) أن يكون (الجسـم) هو الهالة الافتراضية الخيالية التي أسبغها الذهن على مجموع تلك الخلايا ليس إلا!!.

ستيفنسن

Neal Stephenson، Quicksilver

مقتطف من كتابه (المتقلّب)[1].

(1) Quicksilver – معناها اللغوي، المعدن اللامع كالفضة والسريع التحرك كالماء ويعني بذلك عنصر الزئبق فضي اللون، سائل القوام. أمـا اصطلاحـاً فهي صفة تُطلق على عباقرة الرجال والعلمـاء (لأنهم كمعدن الفضة رونقاً وثمناً ويمتازون أيضـا بالمزاج المتقلب غير المتوقع والمتعكر دائما كمزاج المولودون تحت برج كوكب (عطارد – Mercury). وقد انطبقت كل تلك الصفات على (هوك)!. (المترجم).

لقد سكن الإنسان الأرض وعمّرها، ودارت الكواكب بنسق في أفلاكها، دون أيما حاجة أو إدراك لمفهوم النماذج الرياضية للكون، والتي بمجموعها لا تمثل سوى وسائل تصوّرية لا وجود لها إلا في الذهن البشري الذي أوجدها. صحيح يمكننا اعتبارها الجذر الأساسي والنبع الصافي لوصف النظام وحسابه (على مستوى الزمكان الذي نعيش فيه والذي يمكننا وصفه بدقة على الأقل)، وصحيح أننا لن نتفاجأ باكتشافاتنا للعالم وهو ينقاد للنماذج الرياضية التي نستنبطها برشاقة وسلاسة ولكن علينا أن لا ننسى أن الكون بما فيه كان وسيظل دائرا منتظما حتى بعد زوال الإنسان وذهنه الذي أبدعها، تماماً كما كانت دائرة منتظمة قبل وجوده.

باك مان

Keith Backman، (The Danger of Mathematical Models)، Science، October 20، 2006.

مقتطف من مقالة منشورة له في مجلة (العلوم) بعنوان (خطورة النماذج الرياضية).

في البداية كانت إرادة الله (سبحانه) فانبعثت الأبعاد الأربعة من بين ثنايا الفوضى، ثم ساوت مجاميع الأفعال وما أحاطها صفرا، وبذلك وُلد الضوء فصلح حال الكون!!

كاكو

Michio Kaku، (Parallel Universes، the Matrix، Kurzweil AI. net and Superintelligence)

- رسالة على قميص من جامعة باركلي كما نقلها كاكو.

في مقالته (الأكوان المتوازية والمصفوفات والذكاء الخارق).

لا يُبنى العلم في حقيقة كيانه ووجوده على الرياضيات ونماذجها... وإنما يُبنى على الأمانة الذهنية وصفاء سرائر العلماء الذين أوجدوها.

هارس

Sam Harris، La Jolla Meeting (Beyond Belief 2006، Science، Religion، Reason and Surviral) November 2006.

مقتطف من مقالته (ما وراء الاعتقاد، العلم والدين والمنطق والبقاء).

نعم... أنا أومن بوجود القوانين الأساسية، ولكن... لا أؤمن بإمكانية إدراك (النظرية النهائية الجامعة

لكل شـيء) سـبيلا، وكل ما أعرفه وأدركه وأومن به هو أن القوانين الوحيدة التي سنجدها ونطبقها هي وحدها تلك التي (نفرضها) نحن على الطبيعة بالطريقة التي ننظر نحن بها إليها.

أمبروز

David Ambrose، Superstition

مقتطف من كتابه (التطيُّر)

إذا افترضـنا وجودنا في واقع مُحاكي لواقعنا الفعلي فلابد لنا أن نتوقع بعض الومضـات المفاجئة هنا أو هنـاك، والقليل من الزيغ يلحق بثوابتنا التي افترضـناها والقوانين الطبيعية التـي ابتكرناها بمرور وتقادم الزمن عليها. أنا على يقين أن (لشطحات) الطبيعة ولومضات زغيها السلبية والمفاجئة لمن الأهمية في تطور نضج الإدراك الإنساني كما لدور تلك القوانين في تقدمنا نحو فهم الحقيقة الحقة ذاتها.

بارو

John Barrow، (Living in a Simulated Universe).

مقتطف من كتابه (العيش في الكون المُحاكى)

كيهوديـة متدينـة، لا أراني أجد أي حرج، ومهما كان في الإيمان بمفهوم (الإدارة العاقلة) لخلق الكون، فـإني أفترض ولادة التطور كرزمة واحدة مع المادة التي أوجدت (الانفجار العظيم)... أو التي أوجدها. لقد خلق (الموجد سبحانه) الكون ووضع فيه قوانينه الصارمة التي تحكمه والتي لا حوْلَ له عنها.

مايلان

Marysia Meylan، New York Times.

عن النيويورك تايمز

قانون بويل للغازات

BOYLE'S GAS LAW

أيرلندا، 1662 – في درجات الحرارة الثابتة، يتناسب ضغط أي غاز عكسياً مع حجمه.

محاور ذوات علاقة:

روبرت هوك (ROBERT HOOKE)، و قانون شارل للغازات (CHARLES'S GAS LAW)،و قانون افوكاردو للغازات (AVOGADRO'S GAS LAW) و قانون دالتن للضغوط الجزئية (DALTON'S LAW OF PARTIAL PRESSURES)، و قانون كراهام للتناضح (GRAHAM'S LAW OF EFFUSION)، وقانون الغاز المثالي (IDEAL GAS LAW).

من أحداث عام 1662:

– باع ملك أنكلترا (شارل الثاني) ميناء مدينة (دنكرك – Dunkirk) إلى فرنسا مقابل 400،000 باوند.

– سُكّت آخر الأفلاس (Pennies) الفضية في لندن.

– نشر التاجر البريطاني(جون كرانت – John Graunt) أول كتاب في علم الإحصاء، والذي احتوى ولأول مرة على جداول تبين الأعمار المحتملة التي قد يبلغها سكان المدن قبل وفاتهم. مهد كتاب (كرانت) هذا الوضع الأسس الحقيقية لعلمي الإحصاء والإحصاء السكاني.

نص القانون وشرحه:

في عام (1662) درس الكيميائي والفيزيائي والمخترع الأيرلندي (روبرت بويل) العلاقة بين ضغط غاز ما (P) وحجمه (V) في الآنية المغلقة وفي ظروف حرارية ثابتة، وتوصل إلى أن حاصل ضرب ضغط أي غاز بحجمه يكون قيمة ثابتة تقريبا، فوضع قانونه على الشكل التالي:

$$P \times V = C$$

فحمل هذا القانـون اسمه تكريما له. وإليك مثالا تطبيقيا على ذلك: لنفترض وجود كمية معينـة من غاز ما محصورة في إناء محكم مغلق بغلاف متحرك ولنفترض كذلك أن لذاك الغاز حجمـا أوليا مقداره (5 أمتـار مكعبة) وأن الضغط المسلط عليه قـد بلغ (1.0 كيلو باسكال واحـد)، والآن إذا حرصنـا على إبقاء درجة حرارة الإنـاء، وبالتالي درجة حرارة الغاز الذي بداخله ثابتة وحرصنا أيضا على ثبات كمية الغاز المحصور داخله (ونعني بكمية الغاز مقدار الأوزان العيارية (عدد المولات) من ذلك الغاز، وبدأنا بوضع بعض الأثقال على سطح غلاف الإنـاء المحكم والمتحـرك وذلك لزيادة ضغط الغاز داخله، فإننا سنجـد أن حجم ذلك الغاز سيقل من (5) إلى (1.25 متر مكعب) اذا ما ارتفع ضغطه داخل الإناء أربعة أضعاف، أي إلى مقدار (4.0 كيلو باسكال).

وسنستنتج أن حاصل ضرب حجم الغاز في ضغطه في الحالتين سيبقى ثابتا بحيث

5 م^3 × 1 ك با = 1.25 م^3 × 4 ك با

ملاحظة: سيأتي توضيح مفهوم الأوزان الجزيئية العيارية (المولات) عند حديثنا عن قانون (افوكادرو – Avogadro) للغازات.

قـد يحمل (قانـون بويل) أحيانا اسم (قانـون بويل – ماريوت) وذلـك لتوصل الفيزيائي الفرنسي [ادم ماريوت Edme Mariotte (1620–1684)] إلى اكتشاف ذات القانون بصورة مستقلة. ولكنه لم يتمكن من نشره قبل عام (1676). وإليك فيما يلي وصف تجارب (بويل) بالكلمات التي استعملها هو ذاته منقولة من الطبعة الثانية لكتاب (تجارب جديدة في حقل الفيزياء الميكانيكية)، والتي جاء فيها:

((يتناسب ضغط غاز ما عكسيا مع قابلية تمدده أو انكماشه؛ خذ الهواء على سبيل المثال، والذي يولد ضـعف مقدار الدفع الذي يسـلطه على نابض متصل بغطاء إنائه المحكم إذا ما اختزلنا حجمه إلى النصـف، وإذا ما صـغرنا هذا الحجم إلى نصـف حجمه فإنه سيسلط مقدار قوة دفع على ذات النابض مقدارها أربعة أمثال قوة الدفع التي يملكها الهواء الحر)).

يُرينا استعمال المحقنة الطبية (Syringe) الاعتيادية تطبيقا آخر لقانون بويل؛ فعندما يدفع

الطبيب مكبس المحقنة فإنه بالحقيقة يعمل على زيادة الضغط داخلها الأمر الذي يؤدي إلى قلة حجم الحيز المتاح للدواء فيها مما يجبره على أن يمر خلال الإبرة إلى جسم المريض. وبنفس المنطق سيتمدد حجم منطاد التجارب الذي يُطلق من على سطح البحر عند ارتفاعه في الجو لأنه بصعوده إلى طبقات الجو العليا منخفضة الضغط سيقل ضغط الغاز فيه فيكبر حجمه، وبنفس المنطق أيضا عندما نستنشق الهواء، يتحرك حجابنا الحاجز المكوِّن لقاعدة تجويف الصدر الحاوي على الرئتين والقلب إلى الأسفل فيكبر حجم التجويف الصدري، مما يُقلل من ضغط الهواء المتواجد في الرئتين الأمر الذي يدفع الهواء الخارجي إلى الدخول إليهما، وبالمعنى الفلسفي فإن قانون بويل (هو الذي يبقينا على قيد الحياة بإدخال الهواء إلى أجسامنا مع كل نفس خلال كامل حياتنا).

خير ما يمثل تطبيقات (قانون بويل) هو الغاز المثالي؛ والغاز المثالي غاز خيالي لا وجود له، يتألف من جزيئات كاملة التماثل بأحجام بالغة الضآلة قابلة للإهمال بلا أي قوى ومن أي نوع (ما بين بعضها البعض)، والتي تتكون بدورها من ذرات أو جزيئات كاملة المرونة حين تصادمها مع بعضها ومع جدران الإناء الذي يحويها. ينطبق هذا القانون عمليا على الغازات الحقيقية بدرجة دقة لا بأس بها ولضغوط متدنية جدا، وبالإمكان الحصول على النتائج المقبولة علميا وعمليا من خلال عمليات (التقريب) عند تعاملنا مع الغازات الحقيقية.

يتعلم كافة الغواصين خصائص (قانون بويل) وتطبيقاته من خلال محاضرات إلزامية، وتجارب عملية لعلاقة ذلك القانون مباشرة بما سيقدمون عليه والذي قد يمس حياتهم وديمومتها في الصميم، فيتعلمون مثلا ما يحدث فعلا لكل الفراغات الجسمية المملوءة بالهواء والرئتين ولقناع التنفس، وحتى لجهاز ضبط الطفو (Buoyancy control device – BCD) من تقلص في الحجم خلال غوصهم وتمدد خلال طفوهم. فما يحدث فعلا لكل غواص هو زيادة الضغط المسلط على جسمه خلال النزول في الماء مما يؤدي إلى تقلص حجم الهواء الأمر الذي يؤدي إلى قلة الضغط في ذلك الجهاز وتغير الضغط في الجهاز الموضوع خلف آذانهم، وعليه ولمعادلة الضغط على جانبي غشاء طبلة الأذن لابد للهواء أن يمر من جهاز

التنفس إلى الحلق ثم عبر قناة اوستاكي (Eustachian Canal) كي يعادل قلة الضغط في مجال الأذن الوسطى الناتج عن تقلص حجم الهواء فيها بازدياد عمق الغوص.

سيتطرق الكتاب فيما بعد إلى قوانين أخرى لها علاقة بالغازات، وستوضح العلاقة بين درجات الحرارة وضغوط الغازات وأحجامها، كما سنرى إمكانية اشتقاق قانون الغازات المثالي بالاعتماد على قانون (افوكادرو) وربطه بالقوانين الأخرى كالتالي:

$$\boxed{PV = nRT}$$

حيث يمثل: P – ضغط الغاز و V – حجمه و n – عدد الأوزان الجزئية العيارية (مولات) الغاز و R – ثابت الغاز المثالي

(وتكتب وحداته عادة بـ (باسكال × متر مكعب / عدد الأوزان العيارية × درجة الحرارة المطلقة) – Pa. m3/mol.K – أو بـ (الثقل × عدد الضغوط الجوية / عدد الأوزان الجزيئية العيارية × درجة الحرارة المطلقة) –L.atm x mol.K).

و T – درجة الحرارة مقاسة بدرجات (كلفن) المطلقة

ومن قوانين الغازات المهمة الأخرى التي سيجري بحثها في هذا الكتاب أيضا، هي **(قانون شارل للغازات)**، و**(قانون دالتن للضغوط الجزئية)**، و**(قانون كراهام للتناضح)**. ومن الجدير بالذكر أنه لا يوجد الغاز المثالي الذي تنطبق عليه كافة قوانين الغازات المذكورة سابقا وبدقة متناهية لسبب سبق التطرق اليه، وهو أن القوانين على اختلافها تفترض المثالية في مكونات الغازات، بمعنى حسابها لأحجام الجزيئات المكونة للغازات بأبعاد صفرية (أي متناهية في الصغر أو لا حجم لها نهائيا) مقارنة بالمسافات الفاصلة بينها والتي تعتبر لا نهائية وما يترتب عن ذلك من إلغاء تام لتأثير القوى الفاعلة ما بين الجزيئات سلبا كان ذلك الفعل أم إيجابا على تصرف الغاز، وبمعنى أوضح إلغائها (للمادة) الموكونة للغاز واعتبار الحيز الذي تشغله (فارغا تماما) أي إلغاء أحجام الجزيئات المكونة ذاتها. وإضافة إلى ما سبق فإنها تلغي تماما أي قوى للجذب يمكن أن تحدث ما بين جزيئات الغاز أو ما بينها وبين جدران الإناء الحاوي لها. وعليه ولحساب التأثير الحقيقي للغازات الفعلية ولإزالة التعقيدات والأخطاء التقريبية فإنه بإمكاننا كتابة المعادلة السابقة:

$$PV = nRT$$

بصيغة أكثر عملية وواقعية على الشكل التالي:

$$(P + an^2/V^2)(V - nb) = nRT$$

وهي ما تسمى بمعادلة فان دير فالس (Van der Waals)

حيث a – هو الثابت اللازم لتعديل قوى الجذب (الما بينجزيئية).

و b – هو الثابت اللازم لتعديل الفروقات الفردية ما بين جزيئات الغازات المختلفة.

وعليه فإن $[a = 0.034\ L^2 . atm/mol^2]$ لغاز الهليوم (He)

و $b = 0.024\ L/mol$ له

و $[a = 4.17\ L^2 - atm/mol^2]$ لغاز الامونيا (NH3)

و $b = 0.037\ L/mol$ له

وللعلـم فـإن زيغ الغازات في تصرُّفهـا عن تصرف الغاز المثالي يعـود إلى تأثير قوى الجذب الفاعلـة (ما بين الجزيئيـة) لها، والتي تزداد بازديادها و/أو بازديـاد كتلة جزيئاتها وما يؤدي نتيجة ذلك إلى زيادة أحجامها.

للفضوليين فقط:

– لقد حرص (بويل) على إجراء التجارب وتطوير حصيلته من علم (الخيمياء – Alchemy)[1] وفي ذلك تجاوز هدفه الغرض المعلن لكافة الخيميائيين (ألا وهو

(1) Alchemy – أصل الكلمة عربي وتعني (الكيمياء)، والخيمياء هو مرادفها العبري. وتختلف تماما في المفهوم اللاتيني حيث تعني الفلسفة وممارسة كل ما من شأنه إدراك الحكمة النهائية والخلود، وما يتبع ذلك من قابلية تحويل المعادن الخسيسة إلى ذهب أو إكسابها صفات غريبة جديدة لم تكن لتمت لها بصلة. مورست هذه الصناعة في كل من بلاد ما بين النهرين (العراق) وايران ومصر والهند والصين واليابان وكوريا وفي اليونان وروما وفي الحضارة الإسلامية وفي أوربا ولم تتوقف إلا عند مشارف القرن العشرين، حيث كانت البذرة والأساس لما يعرف الآن (بالكيمياء اللاعضوية) ومـا تشمله من تفاعلات ومركبات وآلات ومعادلات وسُبل. لقد أثبت العلم الحديث استحالة قابلية تحرك وانتقال الإلكترونات من وإلى مدارات المواد المتفاعلة – وهو أساس حدوث أي تفاعل أو تغيير كيميائي – على إحداث التغيير النوعي في أنويتها. وانتقل أمل تحويل عنصر إلى آخر إلى اختصاص مغاير هو الكيمياء النووية المكلف مادياً. (المترجم).

تحويل المعادن الخسيسة إلى ذهب)، إلى جذب (الملائكة) والتحدث إليها (!!) وفي ذلك كان يحاول تحقيق هدفين الأول هو البحث (العلمي)، والثاني محاربة الأعداد المتزايدة من الملحدين الذين ظهروا في زمانه.

– أثبت استحالة انتقال الصوت في الفراغ.

من أقوال العظماء:

– اشتهر بويل بكرمه وجوده ليس على الفقراء والمحتاجين فحسب، وإنما كان جزيل العطاء لزملائه العلماء عند حاجتهم إليه إلى الدرجة التي وصلت فيها هباته وعطاياه إلى غرباء الكيميائيين فأشادوا له بذلك. كما عُرف بعدم بُخله بالمال (مهما عظم) في سبيل شراء علم أو التعرف على سر. قام بويل وعلى نفقته الخاصة بترجمة العهد الجديد إلى العربية وطبعه وإرساله إلى البلدان الإسلامية مجانا (دافعا ومشجعا لعمليات التنصير التي نشطت في زمانه).

اوبري

John Aubrey، Brief Lives

مقتطف من كتابه (حيوات مقتضبات).

– لعل ما كان يدفع بويل في أبحاثه ويمده بالطاقة التي لا تنضب للاستمرار بها هو رغبته الدفينة في التعرف على شيء من (العلوم الإلهية)؟!

ماك انتوش

J.J. Mac Intosh، (Robert Boyle)، Stanford Encyclopedia of Philosophy

مقتطف من مقاله الموسوم (روبرت بويل).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولد الفيلسوف الطبيعي الأيرلندي [روبرت بويل (1626–1691) Robert Boyle] في قلعة لزمور (Lismore Castle) – أيرلندا، واكتسب شهرته من أعماله المتميزة في مجال

دراسة صفات الغازات وتبنيه للتصور (الجُزيئي) لتكوين المادة، والذي كان الأساس الفعلي الذي بُنيت عليه نظرية العناصر الكيميائية المعروفة في الوقت الحاضر. ولقد كان (بويل) الطفل الرابع عشر لرجل التجارة والصناعة الثري (ريجارد بويل- Richard Boyle). كتب بويل الابن يصف والده الذي كان أثرى رجل في بريطانيا العظمى آنذاك يقول: (لقد كان والدي - باركه الله وبارك تجارته وصناعاته المزدهرة - عصاميا مثابرا استطاع أن يبني حياته من الكفاف والبساطة بجده وصبره حتى جمع ثروة طائلة حازت كما حاز إصراره وثباته على الكثير الكثير من المعجبين والنزر اليسير من المماثلين). وبالفعل لقد استطاع بويل (الوالد) بناء صناعة وتجارة مزدهرتين ضمت الكثير من الطواحين والمدن المشيدة ومعامل صهر الحديد وصناعات الصلب إضافة إلى العديد من الأعمال الأخرى.

- كان بويل (الابن) طفلا موهوبا ذكيا استطاع التمكن من اللغتين اللاتينية والفرنسية ولما يبلغ الثامنة من عمره، ولما بلغها أُرسل للدراسة في كلية (ايتون - Eton) التي أمضى فيها بضع سنين، سافر بعدها إلى فرنسا مع معلم فرنسي. وبعد فترة رحل الاثنان إلى إيطاليا حيث نال (بويل) شرف لقاء العجوز الشهير (غاليليو)، ذلك اللقاء الذي ظلّ مصدر إلهام وفخر للشاب الطموح وقوة دفع هائلة له للتعرف على المزيد والمزيد مما يحويه هذا العالم.

- التذّ بدراسة الرياضيات والرياضيات التطبيقية وداوم على الاستزادة منهما على حسابه الخاص إضافة إلى دراساته الأخرى وتعلمه الحر، واهتم بالعديد من المواضيع المتفرقة حتى أنه اهتم خلال بعض فترات حياته بالطب والكيمياء أيضا.

- رافق ومنذ عام (1654) زمرة لامعة متميزة من كبار العلماء وفطاحل الرياضيين وعظماء الفلاسفة الإنكليز الذين دأبوا على اجتماعاتهم العلمية الأسبوعية في لندن وفي أكسفورد منذ ذلك التاريخ. وبعد سبعة عشر عاما أي في عام (1662) تحولت تلك الزمرة اللامعة إلى بؤرة علمية مشعة معروفة، وأطلقت على نفسها اسم (الجمعية الملكية) التي لا تزال حاضرة إلى اليوم كأعرق وأقدم مجمع علمي قاوم كل الظروف واستطاع البقاء إلى اليوم في العالم.

- لقد اتخذت تلك الجمعية الملكية شعارها الذي نص على (Nullius in Verba)

ويعنـــي لا شـــيء بالكلمات (Nothing in Words) والذي يعنـــي أيضاً أن على العلم أن يكون تجريبيا تطبيقيا لا نظريا خياليا.

– تعددت مواهب (بويل) واهتماماته وكمثال واحد على ذلك؛ تعبيره عن اهتمامه بأعضاء وأجهزة الأسماك في رسالة بعثها إلى أحد أصدقائه في عام (1654) جاء فيها:

((لقد اســتقر رأيي على الاهتمام بـ... وتدريب نفســي علــى تشريح الحيوانات الحية، وأهم ما استرعى انتباهي في هذا المجال وأوقد جذوة فضولي لمتابعته هو ملاحظة أجهزة الدوران لتلك الحيوانات، ولا ســيما عند تشريحي للأسماك والتي أفصحت تراكيبها وأظهرت أجسامها من العظمة والإعجاز والتناقض الشيء الكثير. فلكأنك تفتح كتابا لتقرأه فتتعرف على عظمة كاتبه (خالقه سبحانه جل وعلا). إن كل كائن – وكما يظهر لي – عبــارة عــن كتاب عظيم لا يوازيه في عظمته وحكمته كل ما قرأته من كتب خلال حياتي بطولها)).

وبرغم إنجازاته الفذة في نطاق علم التشريح فقد اضطر (بويل) ذاتيا إلى الإحجام عن ذلك، وعن الاستمرار في بحوثه وفي دراساته لوظائف أعضاء الحيوانات المشرحة بسبب ما امتاز به من (رهافة في حسه ورقة في طبيعته) الأمر الذي أبعده عن إنجاز الكثير من عمليات التشريح وبالأخص على الحيوانات الحية لإحساسه بألمها ومعاناتها، رغم علمه التام ويقينه بأهمية ما قــام ويقوم به وتأثير ذلك على دراسات علم وظائــف الأعضاء وتطبيقاته العملية على علماء زمانه وفي المستقبل.

– امتــدت اهتمامــات بويل إلى حقــول ومواضيع شتى حتى أنه ألّــف وكتب في مواضيع شتى، كعلوم الأديان وتصرف السوائل الساكنة والفلسفة وغير ذلك من حقول العلم والمعرفة. انصب عشقه وهيامه بالدرجة الأولى على مادة الكيمياء التي درس مواضيعها بشغف، حتى أن مؤلفــه الأول المنشــور والــذي صدر فــي عــام (1660) تحت عنوان: (تجارب مبتكرة في الفيزيــاء الميكانيكية)، كان قد تناول موضوع استخدام الهواء والغازات المضغوطة لإنجاز بعض الأعمال. وقد كان ثمرة ثلاث سنوات من التجريب والاختبار باستعمال منفاخ للهواء

بمساعدة (روبرت هوك)، الفيلسوف التجريبي الإنكليزي الشهير الذي يعود إليه فضل تصميم وصناعة ذلك الجهــاز الذي استعمله (بويل) لإنجاز العديد من الاكتشافات ومنها على سبيل المثــال لا الحصــر، كان إثباته حاجة الشمعة للهواء لدوام اشتعالهــا وإثباته عدم إمكانية انتقال (ومن ثم سماع) الصوت في الفراغ. وقد عمل بالأخص واستطاع أن يثبت استمرار خفوت (تــكات) صوت الساعة باستمرار سحب الهواء من داخل الإناء الزجاجي الذي توضع فيه. تضمنت الطبعة الثانية من كتابه (تجارب مبتكرة) والتي صدرت في عام (1662) ذكر العلاقة العكسية التي تربط حجم غاز بضغطه وهي ما تعرف اليوم (**بقانون بويل**).

تمكن خلال مسيرته العلمية من تصميم وابتكار وإنجاز العديد من التجارب الأخرى، فيما يلي ذكر لأهمها:

- استطاع إثبات حقيقة احتواء الكثير من الثمار والخضار على الهواء وغاز ثاني أوكسيد الكاربون في تركيبها.
- تمكــن مــن اكتشاف تفاعلات كيمياويــة ومواد جديدة، فقام على سبيــل المثال بتوليد غــاز الهيدروجين وجمعه من تفاعل بــرادة الحديد مع الحوامض المعدنية القوية مثل حامضي (الكبريتيك – H_2SO_4) و(الهيدروكلوريك – HCl).
- اكتشــف قابليــة بعضــ المستخلصــات النباتية على التمييــز بين الأحماضــ والقواعد فاستخدمهــا للتفريق بينهما، فقد وجد أن عصارة البنفسج الزرقاء تتحول إلى حمراء بوجود الأحماض وإلى خضراء بوجود القواعد.
- درس مواصفات القوة المتولدة من تمدد الماء عند انجماده.

– دافــع (بويل) عــن وأكد على أهميــة استخدام الرياضيــات في دراســة الكيمياء، ذلك الموضــوع الــذي يمكن – كما قال – تبسيطه باتباع الأسلوب العلمــي لدراسته إذا ما اعتبرنا المواد المتفاعلة عبارة عن (كريات) صغيرة تحاول إعادة تركيب وترتيب نفسها بطرق جديدة. لقــد حاول (**بويــل**) جاهدا استحداث مفهــوم جديد تماما، ومغاير جذريــاً لمفهوم (ارسطو) ونظريته عن العناصر الأربعة (الماء والنار والهواء والتراب) وتفاعلها لتكوين كل شيء، وحاول

استنبـاط بديل مناسب لها يقول بوحدة تكوين كافة المـواد من كريات صغيرة (أو جزيئات) تعيـد اصطفاف أنفسها مع بعضهـا لتوليد المواد والمركبات الجديدة وقـد نشر آراءه ونظريته الجديدة تلك في كتابه الذي صدر في عام (1661) تحت عنوان: (الكيميائي الناقد). إن أهم ما يعرف به (**بويل**) عالميا اليوم هو قانونه الذي ينص على **تناسب ضغط غاز ما عكسيا مع حجمه.** وقد كان لهذا القانون أهميته في تطوير تفكيره وشروعه ببنـاء نظرية جديدة قادرة على تفسير ذلك التصرف، فاهتدى إلى فكرة (الكريات الصغيرة) واعتبرها وحدة بناء كافة المواد. وكان ذاك هو الأساس في توصله (للنظرية الجزيئية العامة) في الكيمياء.

يستنتـج المتتبع لسيرة (بويل) وتفاصيل حياته بأنـه كان متدينا شديد الإيمان بوجود الخالق (عـز وجل) وقد بذل فعلا الكثير من الجهد والمال في سبيل ذلك، وقد حاول جاهدا التوفيق بين الاكتشافـات العلمية الملموسة والتصور الديني (حسـب المنطق المسيحي بالطبع) فكان شديـد الإعجاب دائم الاندفاع للدفاع عن المفهوم الميكانيكي ومبادئه لتفسير الكون، وآمن بعـدم وجـود أي تناقض مع ذلك المفهوم ووجود الخالق (تبـارك وتعالى) وأن وجود الكون (بتفسيره الميكانيكـي – وهو المفهوم الشائع آنذاك) لا يعني بالضرورة تصور الإله (سبحانه) على تلك الصورة المجردة فقط.

ووفـق منطق تلك الحقبة، كان دفـاع (بويل) عن آرائه وإيمانه منصبا على فكرة كون الإله القـادر على خلـق الكون الميكانيكي المتماسـك المنتظم لهو (أقرب لـلإدراك والإيمان) من تصور الكـون العشوائي بلا موجد ولا ضابط ولا نظام. ولقد تعمق كذلك في الماورائيات واللاهـوت وناقش الكثير من قضايـا الخلق والوجود وإليك بعضا مـن آرائه كما كتبها هو (بغض النظر عن رفضنا لها وذلك لبيان طبيعة تفكير الرجل وأمانته لما كتبه التاريخ عنه) فلقد آمـن بأن خلق (الملائكة) كان سابقا لخلـق العالم بل كان قد حدث فعلا (خلال) ذلك الخلق ولكـن قبل اكتماله، على عكس خلق البشر فقـد كان ذلك يحدث (يوميا) بخلق أرواحهم ومن ثم إلحاقها (بمعجزة فيزيائية ملموسة) إلى داخل أجسادهم المناطة بهم.

لم يتـزوج بويل قط وقد انتقل بعـد بلوغه الحادية والأربعين للعيش مـع أخته (كاثرين) في

منزلهـا حيث اعتاد على استقبـال العديد من الزوار والأصدقاء، وقـد أوصى قبيل وفاته بأن تذهـب كافة ثروته إلى (صندوق مؤلفات بويل) والذي ضم كافة كتاباته – وما أضيف إليها مـن كتابـات مشابهة لاحقـا – والتي كان الغرض الأول منها محاربة الإلحـاد وتفنيد الآراء الوجودية عموما ومناهضة بقية الأديان التي لا تدعو إلى المسيحية ثانيا.

تبلور الايمان المسيحي بعمق في كيانه وتصرفاته حتى أنه اعتقد بضرورة نشر تعاليم الكتاب المقدس عبر العـالم وأن تلك هي مهمته التـي أوكلها قدره له، ولهذا حرص حرصا شديدا على ترجمته إلى العديد من اللغات مثل التركية والكثير من اللغات الأمريكية المحلية (لغرض نشـره ما بين سكان أمريكا الأصليين من الهنود الحمر) وكثيراً ما نُقل عنه قوله إن (مساعدة الملحدين على التحول إلى المسيحية لهو عمل يتضمن الكثير من الاحترام والرحمة ومساعدة بني البشر للتحول إلى عالم الحب والأخوة.

أكد بويل مرارا وتكرارا إيمانه بوجود (الملائكة) وقد كان شديد الإعجاب بهذا (النوع من المخلوقـات) إلى الدرجة التي اعتقدهم ذوي مواهب ودرجة وذكاء أعلى بكثير من مستوى البشـر، كمـا أعتقد أن المولى (عز وجل) كان بصدد خلق الكـون لهم وحدهم وليس للبشر، وعليه فقد ناقش بأن كونا مصمما لحياة (الملائكة) لابد وأن يكون بالضرورة أعقد مما يتمكن ذكاء أي بشر من استيعابه كحقيقة مطلقة. هذا وقد عبر عن آرائه تلك في عام (1680) حينما كتب قائلا:

((لعـل خير ما نمتاز به نحن بنـو البشر هو حب التعالي والغـرور والنظر بكبر لقابلياتنا وإمكانياتنا المحدودة أصلا، فلو تصورنا فقط أن إرادته (جل وعلا) كانت بخلقنا على شكل محدد وبجسم وعقل وقابليات محدودة كما تثبتها حقيقتنا التي نحن عليها فعلا، لما طمعنا وجاهدنا – بلا أي طائل ولا جدوى – لإدراك كافة أسرار الكون وطلاسـمه والتي هي أصلا وضعت وصممت بإمكانيات وخفايا لا طاقة لنا بها)).

كان بويـل في حياته عالما، ومع نفسه مؤمنا متدينا، ومع الآخرين شفوقا رحيما. كما كان همـه غالبا ما يتعـدى نفسه إلى غيره فحمل مسؤولية إصلاح المجتمـع ومحاولة إيجاد كل ما

يسعـده ولذلك فهو مـن القلائل الذين حققـوا معادلة (الفيلسوف العامـل) فقد عمل على اختراع ما من شأنه تطوير الزراعة والصحة، واهتم بإجراء التجارب وحاول تحلية المياه المالحة وتحسين عملية حفظ الأطعمة بتفريغ حاوياتها من الهواء. وفيما يلي عناوين لقائمة طويلة من الأعمـال والمؤلفات التي تعكس تنوع اهتماماته واتسـاع أفق تفكيره وقابليته على الإحاطة بطيف واسع من المواضيع المختلفة ؛ فقد تمكن من نشر ما يلي:

- 1660، المبتكر في التجارب الفيزيائية والميكانيكية.
- 1661، الكيميائي الناقد.
- 1663، تجارب وملاحظات حول الألوان والماسة التي تسطع في الظلام.
- 1666، ميكانيك السوائل الساكنة ومشاكلها.
- 1670، القيم الكونية للأشياء.
- 1674، فضل علوم الدين (اللاهوت) على الفلسفة الطبيعية.
- 1675، بحوث وآراء حول تعارض الدين والمنطق ومناقشات حول بعث السيد المسيح (عليه السلام).

أُطلـق اسم بويـل على إحدى فوهات القمر بقطـر (57 كيلو مترا) تقديـرا له الأمر الذي صادقت عليه الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالمية في عام (1970).

أبّنـه قس سالزبري الأب (كلبرت برنـت – Gilbert Burnet) في مراسيم دفنه واصفا إياه بأسمى الصفات، خالعا عليه أرق العبارات كونه (إنسانا) استطاع احترام وموازنة الدين والعلم والإدلاء بدلوه في كليهما بثقة وتوازن وتكامل قلّ نظراؤها:

((عاش فقيدنا العزيز – أسـكنه المولى سبحانه جنات خلوده – مخلصا لعقيدته، مضحياً لعمله، ومعيناً لزملائه، واضعا نصـب عينيه توجيه كافة أسـئلته حول الطبيعة بطريقة تـجل الخالق (عز وجل) وتمجد عظمته في خلقه. لقد جاهد ونجح في ربط اثنين من أعقد المواضـيع التي مهمـا حاولنا التوليف بينهما ومهما ادعينا تطابقهما، سـيظلان بعيدين عن بعضـهما البعض (هذا بالطبع وفق منظور العالم الذي يريد هو، ويقصـد أن يبقيهما

منفصلين) أما فضل بويل في ذلك – وحمداً لله الذي وفقه قبل كل شيء – فيتجسد بإخلاصه في دراسته للطبيعة وإخلاصه وإيمانه بدينه اللذين مكناه من توجيه طاقات وإمكانيات كل موضوع لغرض إعلاء وتطوير شأن الموضوع الآخر)).

لخص (ميشيل هنتر – Michael Hunter) سيرة حياة بويل في كتابه الشهير (روبرت بويل، سيرة وإعادة تقييم) والذي جاء فيه:

((لا يجادل أحد في أحقية بويل في تبوء مركز المفكر والعالم والمؤمن وكافة الصفات الأخرى التي جعلته من رواد حركة الفكر والفن والإيمان في القرن السابع عشر.

لقد امتاز بغزارة هائلة في التأليف – حيث ناهزت مؤلفاته الأربعين كتابا – ودقة بالغة في التعبير، وتنوع في المشارب إضافة إلى وضوح الفكرة وجودة العرض وفصاحة اللسان.

لقد نذر بويل نفسه للبحث والتفكير العلمي ولكنه امتاز كذلك ونجح نجاحا باهرا في مزج ذلك بروح إيمانية صادقة عميقة الجذور وبذلك صار المثل الأعلى للمسيحي المتدين الضليع بحقائق الدين، الذواق لأصول الفن والعارف بدقائق العلم.

لقد وُهب – وباختصار – ملكات الذكاء والإبداع مقرونة بالمثالية الواقعية والإيمان الصادق)).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Anstey, Peter, *The Philosophy of Robert Boyle* (London: Routledge, 2000).

Boyle, Robert, *New Experiments Physico-Mechanicall, Touching the Spring of the Air, and Its Effects*, second edition (Oxford, 1662).

Hall, Marie, "Boyle," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Hunter, Michael, *Robert Boyle Reconsidered* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 2003).

MacIntosh, J. J., "Robert Boyle," *Stanford Encyclopedia of Philosophy*; see plato.stanford.edu/entries/boyle/.

Principe, Lawrence, *The Aspiring Adept: Robert Boyle and His Alchemical Quest* (Princeton, N.J.: Princeton University Press, 2000).

Wojcik, Jan, *Robert Boyle and the Limits of Reason* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 2002): this book is the source for Gilbert Burnet's sermon preached at the funeral of Boyle.

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

من الخطأ الافتراض أن للعلم بصيرة وتدبر وكأنه يعرف ويعلم كل شيء قبل كل شيء!! ومن الأفضل اعتباره كيانا يصيب ويخطئ وقد يتقلب وقد يستعمل الخيال عند وضعه للنظريات التي لا يستبعد أن تكون قد استلهمت من قصيدة شاعر أو جمالية فكرة، ولكن يجب أن لا ينكر عليه بعد ذلك فضله بتجريب كل تلك الأفكار والنظريات وإخضاعها للعديد من الفحوص والمشاهدات، وهنا تكمن جمالية العلم وروعته بجمعه قابليتي التخيل والإصرار على إثبات ما تخيله، ففي مرحلتي التصور وإثبات التصور تتجلى روعته.

داوكنز

Richard Dawkins، in John Brockman's (What We Believe but Cannot Prove).

مقتطف من كتابه (ما نؤمن به ولا نستطيع إثباته).

دعني أعود إلى مثالي الذي سُقته آنفا عن لعبة الظاما؛ لقد افترضت أن قوانين الكون الأساسية التي اكتشفناها لتساعدنا على التنبؤ بحركات الكواكب وتفاعل الجزيئات وانتقال الأجسام يمكن أن تماثل قوانين اللعبة. قد تساعدنا الرياضيات حقا على التنبؤ بأفضل حركة يمكننا الإقدام عليها بعد سلسلة من الحركات الشائكة والمتشعبة ولكن إذا ما أردنا توضيح قوانين اللعبة (أو قوانين الكون) لأي مبتدأ فسنكتفي - ولا شك - بعدة جمل بسيطة من اللغة لاغير.

فينمن

Richard Feynman، The Character of Physical Law.

مقتطف من كتابه (صفة القانون الفيزيائي).

أؤكد على أهمية علوم الحياة ودراسات الإنسان (كعلم وظائف الأعضاء وعلمي الأمراض والتشريح) وجدارتها وضرورة حيازتها على الموقع المركزي والصدارة بين العلوم، تماما كما يصح وضعها على الهامش أحياناً!! فمن النواحي التطبيقية والكمية يصح اعتبارها هامشية الدور والأهمية لأن العالم (الحي) برمته لا يعدو كونه جزءا ضئيلا تافها و(حالة خاصة) من مكونات الكون ككل وليس من اللائق علميا أن نتوقع أن تعمقنا بعلوم الحياة وبقية مشتقاتها كعلم النفس وعلوم الطب والاجتماع سيساعدنا كثيرا في اكتشاف ذات الكون الفسيح ومحتوياته، ولا في التعرف وإماطة اللثام عن أي قانون عام شامل خارج

الدائرة (الحياتية) تلك. ولكن في المقابل إذا كان غرضنا مُنصباً بكامله على زيادة فهمنا لعلاقات ذلك الإنسان وعالمه الحيوي بالكون الذي يحتويه فلاشك سيتوضح حينئذ الموقع المركزي لعلوم الحياة.

مونود

Jacques Monode، Chance and Necessity.

مقتطف من كتابه (الصدفة والضرورة).

– من البديهي استحالة تشبيه الخالق (جل وعلا) بصانع الدمى الذي يحركها كيفما يشاء وبالأخص فيما يتعلق بأفعال الإنسان وإرادته في فهم تصرف الكون ونظامه. هذا من جهة، ولكن من جهة ثانية، لابد للكون الذي نعيش فيه أن يكون صارم الخضوع للنظام والترتيب ذاتيا وبلا استثناء، هذا إذا آمنا بوجودنا في محيط عقلاني نستطيع التعايش معه بحياة تفاعلية منتجة من جهة، وأن نتطور في فهمنا له مرحليا من جهة ثانية. على الأحداث أن تتبع مسبباتها حرفياً إذا ما رغبنا أن نفهم وأن نتعايش مع ما يحيط بنا. وعليه – وما عدا حالات الإعجاز والمعجزات – فلا نتوقع أن يتدخل (المولى جل وعلا) دائما وباستمرار كلما أحاطت ببني البشر كارثة أو استجد في الكون خطر.

وليمز

Rowan Williams، (Of Course This Makes us Doubt God's Existence)، Sundoy Talegraph، January 2، 2005.

قوانين نيوتن للحركة والجاذبية والتبريد

NEWTON'S LAWS OF MOTION، GRAVITATION، AND COOLING

إنكلترا، 1687 (تاريخ نشر قانوني الحركة والجاذبية).

وإنكلترا، 1701 (تاريخ نشر قانون التبريد).

• تختص قوانين نيوتن في الحركة بتفسير العلاقة بين القوى المؤثرة على الأجسام، وتحرك هذه الأجسام تبعا لذلك.

• ينص قانونه في الجاذبية على تناسب قوى الجذب بين الأجسام طرديا مع حاصل ضرب كتلها وعكسيا مع مربع المسافة الفاصلة بينها.

• وينص قانونه في التبريد على تناسب مقدار التغيير في كمية الحرارة المفقودة من جسم ما مع فرق درجة حرارته بالنسبة إلى درجة حرارة محيطه.

محاور ذوات علاقة:

(روبرت هوك – ROBERT HOOKE) و (يوهان برنولي– JOHANN BERNOULLI)، و (قوانين كبلر لحركة الكواكب – KEPLER'S LAWS OF PLANETARY MOTION)، و (قانون اللزوجة لنيوتن – NEWTON'S LAW OF VISCOSITY)، و (نظريتي اينشتين العامة والخاصة في النسبية – EINSTEIN'S GENERAL AND SPECIAL THEORIES OF RELETIVITY).

من أحداث عام 1687:

– قتل أفراد بعثة استكشاف نهر الأمازون بقيادة المكتشف الفرنسي (روبير كافلير دو لا سال – Robert Cavelier de La Salle) قائدهم أثناء استماتتهم للبحث عن منابعه.

– ادعى المكتشف الفرنسي ذاته وقبل حادث اغتياله بخمس سنين ملكية كامل حوض الأمازون لفرنسا.

– طعنت الموسوعة الكاثوليكية (Catholic Encyclopedia) بطموحات (لاسال

La Salle –) ومخططاتـه للاستيـلاء على طرق التجارة وتكويـن إمبراطورية، واصفة إياها بالإنجازات المستحيلة التحقيق بالنسبة لإمكانيات جيل عاصر (لاسال) وعاش معه.

نصوص القوانين وشرحها:

أولا: قوانين نيوتن في الحركة عام 1687:

قلبـت قوانين نيوتن في الحركة مفاهيمنا الفيزيائية الأساسيـة رأسا على عقب واسلمتنا إلى أفـكار ثوريـة جديدة بخصوص كافـة الأجسام المتحركة في الكون. كتـب كل من (دودلي وليامـز – Dudley Williams) و (جون سبانكلـر – John Spangler) في كتابهما الموسوم (الفيزياء لطلبة العلوم والهندسة) يقولان:

((تعدت أهمية تلك القوانين كونها الموجد الأساس والقاعدة الصلبة لبناء علوم الحركة الكلاسـيكية، إلى كونها الموجد الأسـاس والقاعدة الصـلبة لبناء الفيزياء التي نعرفها برمتهـا. وعلى رغم احتوائهـا على بعض التعاريف والمسـلمات التي يمكـن اعتبارها فرضـيات أساسية، إلا أن نيوتن ظل مصرا على أنها جميعا نبعت وتأصلت على أسس كمية ثابتة اسـتقاها من تجاربه الشخصية ومشـاهداته. ولكن مما لاشك فيه أبدا هو أن تلك القوانين اتسمت بالإبداع والأصالة بالنظر لاستحالة اشتقاقها من أي من العلاقات أو القوانـين التي سـبقتها أو من المعادلات الأكثر منها بسـاطة. لقد تضـمن التأكد من صحتها شيئاً من التنبؤ وبعضـاً الحدس، ولكن ذلك التنبؤ والحدس ظلا صامدين أمام كافة محاولات تفنيدهما والتأكد من مصداقيتهما ولفترة ناهزت القرنين من الزمان.

اعتقد أرسـطو – وقد سـاد اعتقاده لفترة ناهزت الألف سنة – أنه لابد من الاستمرار بتسـليط قوة من نوع ما على أي جسم إذا ابتغي له الاستمرار في حركته، ولكن نيوتن استطاع دحض هذا المفهوم كلياً بوضعه لقانونه الأول في الحركة. لقد استطاع ارسطو إسـناد أفكاره ونظريته تلك بالكثير من الملاحظات النوعيـة وفقا لمفاهيم زمانه، وكان في عمله ذاك الكثير من الحكمة والمنطق مما اسـتدعى تبجيله والإعجاب به، ولكن من

المدهش أن يكون غاليليو قد نادى بالمزيد من القياسات المعمقة لمواقع الأجسام وطالب بضرورة القيام بذلك بدلالة الزمن من أجل فهم أفضل للموضوع، ومن أجل وضع نظرية أقدر وأدق على تفسير الطريقة التي ننظر بها إلى الكون من حولنا)).

علق كل من (ارنست ابيرز – Ernest Abers) و (شارل ف. كنيل – Cherles F. Kennel) على قوانين نيوتن في الحركة في كتابهما الموسوم (حركة المواد) بما يلي:

((يكفي نيوتن فخرا أن تدله عبقريته إلى صياغة كل ما يتعلق بكافة المواد وبكامل طيف تحركاتها وتحت كل الظروف بثلاثة قوانين فقط لا رابع لها!!، وأن تستطيع تلك القوانين الثلاثة أن تؤطر لكافة مسائل الحركة وتحليلاتها، وتجيب عن كل احتمالاتها كمياً. تلك هي عظمة وعبقرية قوانين نيوتن الثلاث في الحركة)).

قانون حركة نيوتن الأول:

قانون الاستمرارية - أو قانون القصور الذاتي
THE LAW OF INERTIA

ينص القانون الأول على **محافظة كافة الأجسام على حالتها من السكون أو الحركة ما لم تؤثر عليها قوة خارجية**، فالجسم الساكن الثابت يبقى في سكونه وثباته، والجسم المتحرك يستمر بحركته بنفس السرعة وبذات الاتجاه ما لم تؤثر على أي منهما قوة خالصة خارجية. أي أن جسما معلوما ككرة القاعدة (Baseball) أو البولنك (Bowling) منطلقة بإزاحة منتظمة ثابتة (أي منطلقة بخط مستقيم بسرعة ثابتة) سوف تستمر بانطلاقها وتحافظ على حركتها المنتظمة ما لم تؤثر عليها قوة خالصة تسلط عليها من خارجها.

من المهم جدا في دراسة (قانون نيوتن الأول) تسليط الضوء على مصطلح (القوة الخالصة) لسبب وجيه، وهو أنه قد يقع الجسم المعين تحت تأثير عدة قوى مسلطة عليه من خارجه ولكنه سيستمر محافظا على مقدار إزاحته ثابتةً متى ما تعادلت كل تلك القوى. فعلى سبيل المثال يبقى فنجان القهوة ثابتا مستقرا على طاولتك بقيمة إزاحة مقدارها صفر وذلك لأن

مقدار القوة الفاعلة نحو الأسفل والمتأتية من مفعول وزنه عليها قد جوبهت بقوة فاعلة نحو الأعلى تأتت من فعل المنضدة المعاكس عليه، فاكتسب بذلك مقدار إزاحته الصفرية تلك. ولكن ذلك الفنجان – ولاشك – سيتحرك إذا ما تدخلت يدي للإخلال بتوازن القوى المسلطة عليه وذلك بدفعه إلى حافة تلك المنضدة، أو برفعه لفمي لأشرب، وكمثال ثان فإن الكرة المستقرة على سطح أملس لا احتكاك فيه قط ستتحرك وتستمر بتحركها باتجاه واحد لا تغيره وإلى مالا نهاية إذا ما ركلتها ركلة واحدة، ولكن مما لاشك فيه أن لفعل الاحتكاك وجود شامل في حياتنا العملية كذاك الموجود بين الكرة والسطح الذي تتدحرج عليه وبينها وبين جزيئات الهواء التي تعترض مسارها.

نستنتج – وبناء على القانون الأول – أن لا وجود لأي قوى خارجية تفعل فعلها على أي جسم يسير بانتظام بإزاحة ثابتة مهما كان مقدارها. ونستنتج منه كذلك بأن حالة السكون هي حالة خاصة من مقدار الإزاحة الثابتة قيمتها صفر، وأن هناك قوة أو قوى تفعل فعلها على أي جسم يسير بإزاحات متغيرة.

لقد تُوّج (قانون الحركة الأول) هذا كإنجاز فريد وفتح جديد نسبةً إلى الفترة التي سبقت (**نيوتن**)، لا غرابة في ذلك إذا ما تذكرنا أن المفهوم السائد آنذاك – وقبل فترة غاليليو – قد قال، بل وأكّد على ضرورة استمرار تسليط القوة على أي جسم إذا ما أريد له الاستمرار في حركته. فالكرة تتحرك طالما سلطنا عليها قوة خارجية وستتوقف حتما متى ما توقفت تلك القوة الخارجية العاملة عليها. وما أكد ذلك المفهوم وأصّله في الأذهان هو الملاحظة اليومية التي لا تخطئ: إذا ما توقف دفعنا للكرة فإنها حتما ستصل إلى السكون وتتوقف. لم يُفكر الأقدمون ولم يصل إلى أذهانهم تصور قوة الاحتكاك. لقد ظنوا أن أي جسم ساكن مستقر إنما هو في حالته (الطبيعية) حينما لا يتحرك. وبنفس المفهوم آمنوا أن الاستمرار بتسليط قوى هائلة من نوع ما لابد من دوام تدفقها لتسيير الكواكب في مداراتها حول الشمس ولولاها لتوقفت كل الكواكب عن الحركة، ولكن مفهومنا المغاير اليوم لفعل الجاذبية يقول: إذا ما فعلت الجاذبية فعلها على أي جسم – بما في ذلك الكواكب السيارة – فإن فعلها سوف

يتجسد بتغيير مسار الكوكب أو سرعة حركته ولكنها غير ضرورية أبدا لإبقائهن مستقرات[1] هـذا إذا افترضنـا بالطبع انعدام وجـود أي نوع من الاحتكاك بينها وبـين دقائق الجسيمات الموجودة في الفضاء (الما بين الكواكبي).

قد لا يعود الفضل كاملا خالصا لنيوتن في اكتشافه للقانون الذي سُمي باسمه ونسب إليه (كقانون نيوتن الأول)، شأنه في ذلك شأن العديد الجم من القوانين والتي لابد وأن يكون قد ساهم العديد من العلماء والمفكرين في وضع أُسسها والتمهيد لها قبل أن يأتي آخرهم ليحصد ثمـرة جهودهم، ويحصـل على فخار ذروة أعمالهـم أجمعـين. لقد كتب (ارنولد ارونز – Arnold Arons) في مؤلفه الموسوم (تطور مفاهيم الفيزياء) قائـلا:

((.... وفي أيـام نيوتـن الحـوالي – وبنـاء على العلم الذي سـبقه – اسـتمر العلماء بالعمل، والكليـات على تدريس فيزياء الحركة من كتبهـم المنهجية المعتمدة (ولكن بقصور واضح بمفهومنا اليـوم،... كـان عصيا على التغير آنئذ). ولكن بحلول نهاية القرن السـابع عشـر، وجـد مفهـوم (غاليليو) للتصـور الذاتـي طريقـه إلى القبول كأحـد المسـلمات من قبل علماء الفيزيـاء المعتمدين آنئذ، ولكن ما بزّ نيوتن عصره وزمانه به، هو أنه وضـع قانونه للقصـور الذاتي على رأس قائمـة قوانينه، مانحا إياه تحـرره الكلي الكامل مـن كل المناهج والنظريات السـابقة المعتمدة وذلـك بإقراره ونشره على الملأ)).

يعني (القصور الذاتي – أو الاستمرارية) في مفهومنا العام مقدار ممانعة أي جسم لأي تغيير في إزاحتـه. وإذا تبادر إلى ذهنك صعوبة إدراك مفهـوم ضرورة وجود قوة خارجية لإيقاف أي جسم متحرك فما عليك إلا متابعة السطور القادمة، وأن تتصور معي حركة عُملة معدنية بسيطة على سطح طاولة اعتيادية ؛ ستنزلق العملة المعدنية على الطاولة الملساء بعد أن تدفعها بإصبعـك إلى مسافـة معينة ثم تتوقف بعد ذلـك. فما علينـا الآن إلا أن نتصور وضع بضعة

(1) (... كل في فلك يسبحون) القرآن الكريم: سورة (الأنبياء) آية (33).

قطيرات من الزيت كي نقلل من أثر احتكاكها مع تلك الطاولة ومعاودة دفعها بذات الإصبع وبنفس القوة السابقة، ماذا سيحدث؟... لاشك إنك ستتفق معي على أن القطعة سوف تقطع مسافة أطول على الطاولة لقلة احتكاكها عند انزلاقها عليها، والآن دعنا نتصور زيتا من نوع أجود يوفر لنا سطحا أكثر سلاسة وأقل احتكاكا مما سبق... ألا تتفق معي أن المسافة المقطوعة هذه المرة ستكون أطول؟. والآن بإمكاننا مد هذه التجربة وتضخيمها إلى الحد الذي نمحي معه كل أثر لأي احتكاك لتلك العُملة مع السطح الذي ستنزلق عليه... والآن، ألا تتفق معي - والحالة هذه - أنها ستستمر بالانزلاق إلى مالا نهاية على طاولتنا الخيالية لا نهائية الطول صفرية الاحتكاك؟

يقول المنطق وتدلنا الحقيقة على حاجتنا - والحالة تلك - إلى قوة خارجية من نوع ما لتغيير إزاحة قطعة النقود أو لإيقافها نهائيا، على حين لسنا بحاجة لأي قوة إضافية لإبقائها منزلقة بإزاحتها الثابتة على طول الطاولة وإلى الأبد.!!

قانون حركة نيوتن الثاني:

قانون الحركة

THE LAW OF MOTION

ينص القانون الثاني على تناسب مقدار التغيير في زخم جسيم ما مع مقدار القوة الخالصة المؤثرة عليه. ويعبر عن ذلك رياضيا:

$$\boxed{\mathbf{F} = d\mathbf{p}/dt}$$

حيث $\mathbf{p}$ هو مقدار الزخم، وهو قوة اتجاهيه ويساوي حاصل ضرب كتلة أي جسم بإزاحته و هو مقدار القوة المسلطة

و $d\mathbf{p}/dt$ هو مقدار معدل التغير في الزخم

(وتشير الحروف الثخينة إلى أن القيم التي تمثلها هي قيم اتجاهيه - أي أنها تحتوي على مقدار واتجاه).

وعليه بإمكاننا تعريف كافة القوى بمفهوم زخومها، أي بمعنى تساوي قوتين إذا تساوى معدل

مقـدار التغيير فـي الزخـم الذي تسلطانه على جسم ما. ولاحظ أن الدالة(dp/dt) لا تشترط أبـدا ثبوت كتلة الجسم، بمعنى إمكانية تغيُّر كتلـة الجسم المعني خلال دراستنا لحالته كما يحدث عـنـد ازديـاد كتلة قطرة المطر، كلما طالت فـترة هبوطها من السحاب ونقصـان كتلة الصاروخ المنطلق إلى الفضاء كلما أحرق جزء أكبر من وقوده للتخلص من الجاذبية.

ويأخـذ هذا القانون بالحسبان أيضا إبقاء اتجاه مقـدار التغيير في الزخم مطابقا لاتجاه القوة التـي أحدثته. وللأجسـام التي تتمتع بكتل ثابتة خلال اختبارهـا ومراقبتها فإن قانون نيوتن الثاني سيتخذ الشكل التالي:

$$\boxed{\mathbf{F} = m\mathbf{a}}$$

حيث **F** تمثل مقدار القوة الصافية المؤثرة على **a** و **m** مقدار معين من الكتلة من نوع ما و **a** مقـدار التعجيل الذي ستكتسبه تلك الكتلة (ويعني مقدار التغيير في إزاحتها) وتحمل هـذه القوة وحدات (النيوتـن – N) لقياسها، والتي تُعرف بأنها مقـدار القوة المسلطة على جسـم ما (وكتلته كيلو غـرام واحد) واللازمة لإكسابه تعجيلا مقـداره متر واحد في الثانية (اي م / ثـا تربيع). وكمثال مبسط لما سبق ؛ إذا دفع منجنيق كتلة من الحجر مقدارها (0.10 كيلوغـرام) بقـوة مقدارها (200) نيوتن) فـإن التعجيل الذي ستنطلق بـه كتلة الحجر حال مغادرتهـا للمنجنيق ستبلغ 2000 متر / ثا (تربيع). وعليه فإذا ثبتت القوة فإن التعجيل الذي ستنطلق به كتلة معينة سيتناسب عكسيا مع مقدارها.

ومـن ناحيـة ثانية إذا ما تأثر جسـم ما بعدة قوى تعمل عليـه في ذات الوقت فإن حساب محصلة تعجيلة تتم وفقا لنفس القانون على شرط حساب محصلة كافة القوى الاتجاهية المؤثرة عليه أولا، ومن ثم استخدامها كما في القانون السابق.

وإذا مـا تصورنا أي جسـم يسقط سقوطا حرا من أعلى إلى الأرض فـإن القوة الوحيدة التي ستؤثـر عليـه هي وزنه فقط (هذا بالطبـع إذا أهملنا مقاومة الهواء لـه) والذي سيكسبه تعجيلا يسـاوي مقدار التعجيل الأرضـي الناتج عن جاذبيتها ويسـاوي (9.8 م/ثا (تربيع)) عند سطح البحر.

قانون حركة نيوتن الثالث

قانون الفعل ورد الفعل:

(THE LAW OF ACTION AND REACTION)

ذكــر (ابرز – Abers) و (كنل – Kennel) في كتابهما (حركة المادة) ما يلي: لقد كان لقانوني نيوتن الأول والثاني بعض الجذور والمقدمات في أفكار وطروحات كل من (غاليليو) و(هــوك) و(هيكنز) ولكن قانونه الثالث كان عبارة عــن (درة من الأصالة) لم يسبقه إليه ولا لمقدماتــه أحد، وكان مسك الختام لقوانــين الميكانيك اللائي اكتملن به منطقيا. ينص (قانون حركة نيوتن الثالث) على **أنه لكل فعل رد فعل مساوٍ له في المقدار ومعاكس له بالاتجاه**، أي أن كافة القوى في الطبيعة لابد وأن تتجسد بأزواج قوى متساوية في الكمية ومتعاكسة في الاتجاه.

تتضــح تطبيقات هذا القانون جلية عند مراقبــة الأجسام عند تماسها، وعليه فإن القوة التي تصــدم بها ملعقة طعام أرضــ الغرفة التي تقع عليها تساوي بالضبط مقدار القوة التي ستدفع أرضــ الغرفة الملعقة إلى أعلى بها. ويصــدق القانون على الأجسام التي ينجذب أحدها نحو الآخــر، فعلى سبيل المثال إن الطير الذي (يسحب) نفسه إلى الأعلى من سطح الأرض يجابه نفس مقدار القوة التي يجره بها سطح الأرض إلى الأسفل، وإذا ما سقط شخص من علو إلى الأرض فإنه سيصدمها بنفس مقدار القوة التي ستردها الأرض إليه[1]. وقد يكون من الصعب حتما استيعاب المنطق القائل إن سقوط الشخص على الأرض سيماثل تماما (سقوط الأرض) علــى الشخصــ ولكن هذه هي الحقيقة الفيزيائية. ولكن كل مــا في الأمر هو أن التعجيل في الحالــة الثانية سيكون شديد الضآلــة بالنظر لعظم كتلة الأرض (راجــع العلاقة العكسية التي تربــط الكتلة بالتعجيــل إذا كانت القوة المسلطة على الجسم ثابتــة)، والظاهر للعيان سيكون تعجيــل سقــوط الشخص على الأرض لا غــير. ولكن في الفضاء الخارجــي تساوي الفيزياء

(1) وعليه، لا يمكننا اعتبار مقولة (رد الصاع صاعين) من شِيَم الطبيعة أبداً. (المترجم).

حقيقة تعجيل أحد المذنبات باتجاه الشمس تعجيل الشمس ذاتها تجاهه.

وباستطاعتنا المضي في ضرب الأمثلة حول (قانون نيوتن الثالث) الذي ينطبق على أزواج القوى المتماثلة في القيمة والمتعاكسة في الاتجاه، فنقول إذا ما سلط محرك مركبة صغيرة قوة دفع معينة على دواليب عربة ألعاب صغيرة تسوقها إلى الأمام على مرج، فإن المرج ذاته سيقوم بتسليط قوة احتكاك على الدواليب تسحبها إلى الخلف.

وإليك المثال الذي ساقه نيوتن بنص كلماته حين قال: (إذا ما ضغطت على حصاة بإصبعك فإنها ستضغط على إصبعك كذلك، وإذا ما سحب حصان حجراً إلى الأمام فإن الحجر سيجر الحصان إلى الخلف).

قد يكتب القانون أحيانا على الشكل التالي:

$$F_{BA} = -F_{BA}$$

وتفسيره: إذا ما سلط الجسم A قوة مقدارها F_{BA} على الجسم B، فإن الجسم B سيسلط على الجسم A قوة مقدارها F_{BA}، مساوية لها في المقدار ومعاكسة لها في الاتجاه.

ومن نتائج القانون الثالث المهمة هو ثبوت مجموع العزوم زمنيا لجسمين يُسلط أحدهما قوة ما على الآخر، بافتراض عدم تدخل أي قوى أخرى للتأثير على أجسام هذا النظام.

ولقد أثبتت دراسات **(نيوتن)** صحة هذه الفرضية وبدرجة كبيرة، ويمكن تطبيقها على تصرف كرتين صغيرتين من البليارد قبل، وخلال، وبعد تصادمهما. وقد درس **(نيوتن)** تلك النماذج بالفعل وتوصل إلى أن حاصل جمع العزوم لابد وأن يكون ثابتا دائما. فمقدار العزمين **(ع1)** و **(ع2)** للجسمين (1) و (2) لابد أن يكونا ثابتين قبل وبعد التصادم أي أن

ع1 + ع2 = قيمة ثابتة دائما.

ولا تعجب – عزيزي القارئ – إذا علمت أن (قانون حركة نيوتن الثالث) الذي نحن بصدده الآن يستوجب حقيقةً مشروطةً، وهي: إذا ما رمى لاعب كرة السلة كرته على أرض الملعب فعلى الأرض أن تتحرك. ولكن دعنا نستدرك لنقول إنه لا اللاعب ولا مشجعيه سيلاحظون حركة الأرض التي زعمناها، وذلك لعدة أسباب سيأتي ذكرها.

والآن ولإثبـات صحة مـا ذهبنا إليه رياضيا دعنا نفترض كرة سلـة تزن MB (كيلو غراما واحدا) قد قُذفت بسرعة VB (100كيلو) في الساعة لتحط على أرضية الملعب التي طُليت مسبقا بالغراء بحيث تلتصق الكرة بها عند الاصطدام مباشرة.

يبلغ زخم الكرة قبل أن تصطدم بالأرضية مباشرة قيمة مقدارها:

$\mathbf{P} = m\mathbf{v} = 100kg.\ km / hr$. تكتسب الأرض هذه الكمية من الزخم عند الاصطدام حالا، دعنا الآن نحسب مقدار التغيير في سرعة الأرض نتيجة لذلك الاصطدام.

لنفترض أن كتلة الأرض هي ME وتساوي تقريبا ما مقداره x5.9742 (10مرفوعة إلى القوة 24) كيلو غراما، وأن VE تمثل مقدار التغير في سرعتها. وبتطبيق قانون حفظ الزخم الذي ينص على:

$$MB\ VB = ME\ VE$$

حيـث إن: MB VB تمثـلان كتلة الكرة مضروبة بسرعتها على التـوالي و إن: ME VE تمثلان كتلة الأرض مضروبة بسرعتها على التوالي كذلك.

وبمـا أن MB VB = 100 حسـب افتراضنا السابق فسينتقل هـذا المقدار من الزخم كلية ومباشرة إلى الأرض.

(كتلتها وسرعتها) أي أن:

$$MB\ VB = ME\ VE$$

$$1kg \times 100km / hr = ME\ VE$$

أي أن

أو VE=100/ME

$$100 = ME\ VE$$

وبمـا أن مقدار كتلـة الأرض (ME) التقريبية هـي (5.9742 مضروبة في 10 مرفوعة إلى القوة 24) وهي كمية هائلة، فعليه يكون

مقدار التغيير في سرعة الأرض تقريبا = [(5.9742 × (10 مرفوعة للقوة 22)] / 1

وهي قيمة ضئيلة جدا تساوي أقل من جزأين من البليون جزء من البليون جزء من السنتمتر الواحد في الساعة، وقد يمكن تقريب هذه الكمية للإدراك بالقول إنها تساوي حركة بمقدار قطر بروتون واحد في السنة!!

ومن الواضح وبسبب عظم وضخامة كتلة الأرض فإن مثل هذه القيم لا يمكن قياسها مطلقا. ولا حاجة للتأكيد أن كرة السلة تلك لن تستطيع (عمليا) تحريك الأرض!! ويمكن تفسير تلاشي زخم الكرة بضياعه ما بين ما لا يحصى من العوامل المؤثرة الأخرى مثل تحول جزء من طاقتها إلى حرارة تنتقل إلى أرضية الملعب عند نقطة التماس- وتأثير نقاط المطر وأمواج المحيطات وحتى مشي الطيور ودبيب الهوام....

واليوم لا يشك أحد بأنك لو سألت أصدقاءك هل تدور الكواكب حول الشمس؟ لن يتردد أحد بإجابتك بالإيجاب، ولكن وبالاعتماد على قانون نيوتن الثالث (والذي ينص على أن لكل فعل رد فعل مساو له بالمقدار ومعاكس له بالاتجاه) فإننا نعلم اليوم بأن الكواكب في نظامنا الشمي لا تدور حول شمس ثابتة كما تصورها الفلكي الجليل (يوهانز كبلر - Johannes Kepler)، ولكن يستوجب قانون نيوتن المذكور أن تدور الشمس مع الكواكب حول مركز كتلتيهما معا والتي تقع في مكان ما بين مركزيهما، وعليه استوجب على العلماء إدخال بعض التعديلات على (قانون كبلر الثالث) لجعله أكثر دقة ومطابقة لـ (قانون نيوتن الثالث)، ومع ذلك فإن التصحيح المقترح كان من الضآلة بمكان... وذلك بسبب جسامة كتلة الشمس مقارنة بأي من الكواكب التي تدور حولها.

ولكن من المفيد الإشارة في هذا السياق إلى أن مركز كتلتي الشمس وأحد الكواكب العظيمة التي تدور حوله (ككوكب المشتري مثلا) لابد وأن توجد خارج سطح الشمس بكل الحسابات. والآن إذا ما أعدنا تقييم حالة نظامنا الشمسي من وجهة نظر أكثر كمالا فلاشك أن الأمور ستزداد تعقيدا، فمثلا شمسنا الغالية (وككل النجوم في الكون) لابد لها وأن تسير في الفضاء وبسرعة - وهي كذلك - فسرعتها النسبية مقارنة لأقرب النجوم الأخرى إليها تبلغ (20 كيلومترا) في الثانية الواحدة أي ما يعادل (45،000 ميلا) في الساعة - وهذه سرعة مهولة جدا. ولكأني أطلب منك أن تتخيل شمسنا تلك (وبسرعتها الهائلة المذكورة)

وكأنهـا سيارة سباق من نوع (فيراري) تسير بسرعتها الهائلة جارة خلفها تسعة من كواكبها عـبر الفضاء في سباق نجمي محمـوم. والآن إذا ما أدخلنا كامل مجرتنا في الحسبان فإن شمسنا الآن ستدور بمدار شبه دائري حول مركز المجرة بسرعة جنونية مقدارها (220 كيلومترا) في الثانية الواحدة. (فأي سباق هذا؟؟ وإلام؟؟).

وختامـا ولتسليط الضوء على أهمية (قانون حركـة نيوتن الثالث) لابد لنا من التأكيد على حقيقـة اعتباره إبداعا فريدا اتفق عليه معظم فيزيائيي العالم، يفوق في أصالته قانونيه الآخرين في الحركة. كتب (ارونز – Arons) في مؤلفه الشهير (تطور مفاهيم الفيزياء) ما يلي:

((تجـد كافـة المفاهيـم والآراء والقوانين التي سـبق ذكرها وشرحها شـيئاً من الخلفية التاريخية والخيوط الرياضـية التي تدل بشـكل أو بآخر على سـابق تطور لها وسالف نقاش جرى ذكره بصـددها، إلا هذا (القانـون الثالث) فقد عجز المؤرخون في بحثهم عن إيجاد أي صـيغة أو دليل أو حتى لأي إشـارة تدل عليه من قريب أو من بعيـد في كافة كتابات من سبق (نيوتن) من العلماء والباحثين ولا لأي ذكر عنه أو لأي مقدمات عليه وحتى ضـمن كتابات ومؤلفات (نيوتن) السابقة لظهور كتابه العظيم (المبادئ – Principia) في عام 1687)).

شكلـت قوانيننا الثلاث السابقة دعائـم وأسس الحركة بكل أشكالها وتفاصيلها ولم يجرؤ أحـد علـى الشك بدقتها ومصداقيتها المطلقـة وإلى حد أوائل القرن العشريـن أي أوائل المئة التاسعـة عشرة بعد الميلاد. نعلم اليوم وبما أكدته لنـا التجارب العلمية أن قوانين حركة نيوتن تبـدأ بالانهيـار كلما اقتربت سرع الأجسام المعنية من سرعة الضـوء، وعليه لابد لها أن تنضم تحـت لواء (نظرية اينشتـين للنسبية الخاصة)، والتي أدخلت عليهـا تعديلات جذرية عززت مـن صمودها في نطاق تلك السرع الخيالية. فعند السـرع المتناهية، لن تصمد معادلة الزخم البسيطة بشكلها الكلاسيكي التالي:

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v}$$

وإنما لابد من إدخال التحوير اللازم عليها – وحسب نظرية اينشتين السالفة لتصبح:

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v}/(1 - \mathbf{v}^2/c^2)^{1/2}$$

حيث c هي سرعة الضوء في الفراغ.

وبـرزت معضلة مشابهــة تحدت قوانين نيوتن لــدى اكتشافنا للعــوالم (المتناهية في الصغر والمادون الذرية) والتي تشمل الجزيئات والذرات ومكوناتها والتي لم يُمكنْ التعامل معها لولا إدخالنا لمفاهيم (الكم) الجديدة إلى مضمارها.

وعنــد كلامنا عن قوانــين الحركة بصفة علمية بحتة لابد لنا مــن حصرها في نطاق (الأطر المرجعيــة الثابتة) والتي تتحرك بإزاحة ثابتة لا تتغير، وعلــى رغم الحقيقة العلمية الدامغة بأن أرضنا لا تمثل – بحق – إطارا مرجعيا ثابتا لأنها بطبيعتها تدور حول محورها وحول الشمس إلا أننا اتفقنا – اصطلاحيا – ولأجل إجراء التجارب الحياتية الحقيقية أن نعتبرها كذلك.

سطعــت عبقرية **(نيوتن)** تحت ضوء حقيقة لا مراء فيهــا ؛ وهي تمكنه من تقديم نظام كامل ضمــن إطار محكم مكننا من فهم طريقة تصرف العالم حولنا في مجريات حياتنا اليومية الحاوية على أجسام تتحرك بسرع قابلة للفهم والإدراك، فلا تزال تلك القوانين فعالة جدا ومستخدمة في مسائــل تتضمن التخطيط والتصميم لصناعــة الخراطيش النارية والتعامل مع كرات السلة وحتــى إطــلاق الصواريخ. ورغم عدم نُكراننا لجهود العديد مــن البحاثة من أمثال **(غاليليو)** والذين أتحفوا العالم باكتشافاتهــم الباهرة في نطاق الميكانيك الكلاسيكية، ولكن الفضل في إحكام بناء النظام الكامل يعود في النهاية إلى **(نيوتن)** وحده بلا منازع.

قانون نيوتن للجذب العام 1687

NEWTON'S LAW OF UNIVERSAL GRAVITATION. (1687)

– يجذب كل جسم مادي كل جسم مادي آخر بقوة تتناسب طرديا مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسيا مع مربع المسافة الفاصلة بينهما. يكتب (قانون نيوتن للجذب العام)، عادة، على الشكل التالي لكتلتين نقطيتين، والكتلة النقطية هي عبارة عن جسم مثالي تتركز كامل كتلته في حجمه النقطي متناهي الصغر إذا ما قورن بالمسافة الهائلة التي تفصله عن الجسم الآخر:

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2},$$

حيث F – مقدار قوة الجذب الفاعلة بين الكتلتين و G – ثابت التجاذب و m_1 – كتلة أحد الجسمين النقطين و m_2 – كتلة الجسم النقطي الآخر و r – المسافة الفاصلة بينهما

أما قيمة G فتكتب عادة بقيمة تساوي: [(6.67 x (10 مرفوعة إلى القوة السالبة العاشرة)] بوحدات نيوتن x متر مربع / كيلو غرام تربيع ($N.m^2/Kg^2$).

لقد أدرك (نيوتن) وفي وقت مبكر إمكانية حساب G بدقة ولو بصورة نظرية ولكنه افتقر الى الآلات والأدوات الدقيقة التي تمكنه من تحقيق ذلك ولكنه، وعلى أية حال تمكن من وضع الدليل اللازم لثبوت تلك القيمة. لقد كان على الزمان الانتظار لمئة عام أخرى بعد نشر نيوتن لكتابه العظيم (المبادئ) حتى جاء [هنري كفندش –(1731– 1810) Henri Cavendish] الذي استطاع أن يتوصل إلى تقريب ممتاز لتلك القيمة باستعمال (قبابين العزوم)[1] الدقيقة والحساسة جدا.

في المفهوم العام للجاذبية: علينا توسيع مداركنا لاستيعابها فهي لا تقتصر على قوة جذب الأرض للأجسام الكونية المجاورة لها كالقمر مثلا ولا على قوة جذب الشمس لكواكبها الدائرة حولها فحسب، وإنما تتعداها وتشمل بآثارها كافة الأجسام المادية على الإطلاق،

(1) Torsion Balances. (المترجم)

وبمقدار يتناسب مع حاصل ضرب كتلتها، فحين تقرأ صفحات هذا الكتاب فإن كتلة جسمك ستجذبها، كما ستجذب هي كتلتك إليها كذلك. ألف (بول تبلر – Paul Tipler) كتابا بعنوان (الفيزياء) جاء فيه:

((يعود كامل الفضل للجاذبية في إبقائنا مرتبطين بالأرض، ويعود لها الفضل في ارتباط الأرض وبقية الكواكب بالنظام الشمسي، كما يعود إليها الفضل كذلك في تطور النجوم وتصرف المجرات، أي أن للجاذبية فضل تماسك الكون ككل، إن شئت أن تقول ذلك!؟)).

أبلى (قانون جاذبية نيوتن) بلاء حسنا في تفسير حركة الكواكب حول الشمس والتي سبق لكبلر أن تقدم بها ووصفها بدقة عالية جدا دون الحاجة إليه، أما (نيوتن) فقد حرص أن تكون من ضمن التبريرات المقنعة التي ساقها دعما لقانونه في التربيع العكسي هي إمكانيته الكاملة على تفسير المدارات الإهليجية للكواكب حول الشمس نتيجة للقوة التي يمنحها للكتل المتجاذبة، وعليه فقد أمكنه اشتقاق (قوانين حركة كواكب كبلر) منه. ولكن نيوتن – ورغم تفكيره ومحاولاته – لم يفهم قط (سببية) الجاذبية ولا كيفية تكونها ولا طريقة انتقالها عبر الفراغ في الفضاء. لقد انتظرنا – وبصبر – دهراً حتى أتى(اينشتين) ليفسر لنا شيئاً عنها بمنظوره عن انحناء الفضاء. (وقد يناقش بعض العلماء (سببية) اينشتين تلك أيضا بتساؤلهم عن مدى فهمه لها، وبتساؤلهم عن مدى فهمه لانحناء الفضاء ذاته!) وقد ترانا أخيرا عاجزين عن التملص من حقيقة قيام معظم العلماء والباحثين بمجرد (إعادة تشكيل أو توفيق) المعطيات بقوانين كي تتماشى مع النماذج الموجود أصلا.

وفي عام (1693) اعترف نيوتن ذاته بجهله لكنه قوة الجاذبية وذلك في رسالة كتبها إلى الوزير واللاهوتي [ريجارد بنتلي (1662–1742) Richard Bently] والتي جاء فيها:

((لم أتمكن ولحد الآن من تحديد كنه أو إيجاد أي تفسير لظاهرة الجاذبية التي توصلت إليها، وتمكنت من وضع نظريتي بشأنها... ولكن ما يثلج صدري – في الوقت الحاضر على الأقل – هو حقيقة وجودها وحقيقة فعلها بموجب القوانين التي تقدمت بها والتي

تتمتع بعمومية شـاملة لتضـم تصـرف كافة أوجـه الحركة في نظامنا الشمسـي وكافة الأجسام في الكون، وذلك من خلال تسليط قوة محسوسة من قبل كل جسم على كل جسم آخر، تمر وتؤثر عبر الفضاء والفراغ دون حاجتها لأي وسط ناقل. ولكن لابد لي من التأكيد بأن ذلك التأثير وتلك الحالة الفريدة والغريبة التي توصلت إليها واكتشفتها وتحققـت مـن وجودها هي من ابتكاري الصرف ومن أُصـليات بنات أفكاري حيث لم يتمكن أي رجل سـواء كان فيلسوفا ماديا حصيفا أو عالما دقيقا فطنا من التفكير بها أو اكتشافها قبلي)).

ناقش (نيوتن) وحاول إثبات فرضية كون القوة الجاذبة للأرض أو تلك التي تجذب الأرض بقيـة الأجسـام بها إليها، هي عبارة عـن نوع ما من (المغناطيسية) التـي تحفظ الكواكب في مداراتهـا حـول الشمس. لقـد افترض أحد المفكريـن والمحللين البارعـين في التاريخ وهو الفيلسـوف والعالم الفرنسي [رينيه ديسكارتيه (1596–1650) Rene Descartes] بأن هنـاك قـوة هائلة عظيمة تشبه (قـوة الإعصار)، هـي المسؤولة عـن دوران الكواكب حول الشمسـ. أي أن هناك (دوامة) عظيمة هائلة تلفهم حولها جميعاً كما تلف الدوامة الهوجاء صغار القوارب وتفتلها حول مركزها.

يذكرنا حديثنا عن الجاذبية وتأثيرها بما يدعيه المنجمون اليوم من فعلها وأهميتها؛ فهم الذين حسبـوا ودأبو على الادعاء أن في اصطفاف الكواكب بشـكل أو بآخر وتأثير جاذبيتها على بعضها البعض وعلى الأرض وعلى ساكنيها لمن الأهمية ما يجعلها الكاشف الفاضح لتاريخهم والمتنبـئ المبصرلمستقبلهم! ولكن الحقيقة تقول (وبتطبيق قانون نيوتن للجذب العام) بأن فعل جاذبية الكواكب على أجسامنا لمن الضآلة بمكان بالنظر للمسافات الشاسعة التي تفصلها عنا، وإلا فكيـف بإمكان اصطفاف الكواكب ساعة مولـدك أن تؤثر على اهتماماتك وعواطفك إذا علمنـا أن تأثير مجرد وجـود طبيب الولادة جنب أمك، عند رأسـك في غرفة الوضع عند ولادتـك، لهو أعظم بكثـير من مفعول جاذبية كوكب المريخ أو الزهـرة. ولو كانت الجاذبية كما (نعرفها علميا) هي مصدر ادعاءات المنجمين التي ملأت الصحف والمجلات والمحطات

الفضائية لكان من الحري بنا أن ندرس مفعول جاذبية القمر في هذا المجال والتي تفوق مفعول كافة الكواكب مجتمعة! ومع ذلك ترك المنجمون اهتمامهم بالقمر للعشاق والأحباب والتفتوا إلى مـا ورائه من أجرام وكواكب. ولعمري لو أنهـم اهتموا به فلربما كان قد هداهم إلى حب أصيل أو غرام جليل وللملك عليهم سويداء قلوبهم فلم يعد لهم لما سواه حيزا فيها!!

لدى تصفحنا لكتاب نيوتن العظيم (المبادئ) وبالتحديد رسالته الثالثة فيه، فإننا سنجد أنه قد استثمر قانون جاذبيته أكبر استثمار في تفسيره لمدارات الكواكب والأقمار ومسارات المذنبات كمـا تمليهـا عليها (وبغموض لم يكن قابلا للتفسير في علوم ذلـك الزمان) قوة جذب الشمس لهـا، وممـا توصل إليه حسابياً هـو أن مقادير الجاذبيـة بمجموعها في نظامنـا الشمسي لتمهد لاحتمالية وجـود العديد من نماذج المدارات في الفضاء لمختلف الأجسام التي يتضمنها إضافة إلى المـدار (الإهليجـي – Elliptical) المعروف الذي تسلكه فعليـا. لقد سبق وأن تطرقنا في مدخل (قوانين كبلر لحركة الكواكب) إلى إمكانيـة وجـود أنواع أخرى مـن المدارات كالتي نسميهـا (بأشكال القطع المكافئ – Parabolic) والتي تعتمد أساساً على سرعة الجرم الدائر في أي مجـال جذب معين. فعلى سبيل المثال تتبـع بعض المذنبات مدارا يوصف (بشكل القطع المكافـئ) تدور ضمنه مرة واحـدة حول الشمس ولا تعود إليها أبدا. فإذا ما تخيلنا مجرد زيادة طفيفة في قيمة إزاحة الارض التي نعيش عليها فجأة وبمقدار يقارب الـ 1.4 من إزاحتها الحالية لانقلـب مدارها الإهليجي حالا إلى مـدار القطع المكافئ ولانطلقنا معهـا (انطلاقة الجمل بما حمل) خارج نظامنا الشمسي إلـى المجهـول (الذي لا يعلمـه إلا اللـه سبحانه). فكم من الزمن يا تُرى ستصمد كرتنا الأرضية ونحن وما يصاحبنا عليها من أحياء وجمادات في ظلمات الكون السحيق إذا ما قُيض لنا الحصول على مثل تلك الدفعة المخيفة؟ أترك إدراك ذلك لتصورك!!

تسلـح العلمـاء والفلكيون عـبر التاريخ (بقانون جـذب نيوتن) العام للإفصاح عـن العديد من التنبوءات، فلقد استخدم القانون، وبكفاءة تامة في تنبوء ورصد، ومن ثم اكتشاف الكوكب (نبتون).

لقـد لاحـظ العلمـاء ومنذ وقـت بعيد بعـض التغيرات الغريبـة وغير المتوقعـة فـي حركـة الكواكـــب ضمـــن عائلتنا الشمسيـة، وتمكن كل مــن الفلكي الفرنسي [اربـين لفيريـــه

[Urbain Leverrier (1811–1877] والفلكـي البريطـاني [جـون كـوخ ادامـز (John Couch Adams (1819–1892)] وبصورة مستقلة منفردة من استخدام (قانون نيوتـن للجذب العام) للتنبؤ بوجود كوكب ثامن (لابد وأن يضاف إلى مجموعتنا الشمسية!)، أبعـد من آخر الكواكب المكتشفة وهـو (يورانوس) والذي كان يؤثر تأثيرا بينا محسوسا عليه، فتم اكتشاف (نبتون) في عام 1864 ورُصد مداره الذي طابق مطابقة مدهشة الحسابات التي تنبـأت بوجـوده. ذكر (ارنو – Arnos) في كتابه (تطور مفاهيـم الفيزياء) حقائق كثيرة عن قابلية (قانون نيوتن في الجذب العام) الحسابية وكفاءة قوته في التنبؤ حين قال:

((لقد برهنت نظرية القوى المتجاذبة التي بُنيت في صلبها على وجود قوة تجذب المواد والأجسـام بعضها إلى بعض على إمكانية اشـتقاق قانون الجذب العام منها وهو الذي يفسـر بدوره (كما شـاهدنا سـابقا) قوانين (كبلر) الشـمولية إضـافة إلى كم هائل من الظواهر والمشـاهدات الأخرى. والآن إذا ما تساءلنا بمهنية وعلمية عما ينبغي على أية نظرية فعله وتقديمه بخصـوص التفسير والإيجاز فلن نجد خيراً من (نظرية نيوتن) مثالا ساطعا يحقق بشمولية وبدقة مرضية ما ابتغيناه وفي الصميم)).

ومن الجدير بالذكر أن (قانون نيوتن) في الجذب العام ينطبق فقط على الكتل النقطية أو على الأجسام التي بالإمكان اعتبارها كتلا نقطية، أما تطبيقه على أجسام أكثر تعقيدا وأقل تناسقا وانسجاما فيكون تقريبيا فقط وذلك لصعوبة حساب المسافة الفاصلة بينهما (r) فلن نعرف لها تحديدا دقيقا. والآن وعلى سبيل المثال: (تطلق) الأجسام المتناسقة الكروية والحاوية على أسطـح وأغلفة غاية في الانتظام (قواها الجاذبية) خارج كيانها الكروي وسطحها، تماما كما تفعـل نقطة مركزها الموجودة داخلها بالضبط، وبمعنى آخـر تؤثر الأجسام الكروية المنتظمة ذوات الكتل متناسقة التوزيع بكامل قوة جذبها على الأجسام الأخرى المحيطة بها، كما لو كانت كامل كتلتها قد تركزت بنقطة واحدة (صفرية) في مركزها.

وإذا رغبنا في تطبيق هذا القانون بصورة دقيقة على أجسام معقدة الأشكال متغايرة الكتل، فمـا علينـا إلا افتراض أي جسم على تلك الشاكلة وكأنه مكونا من عدد كبير جدا من الكتل

النقطيــة ومن ثم استخدام التفاضل والتكامل لحساب مقــدار محصلة قوة الجاذبية بين أجزائه وموقع تموضعها كما لو كانت كتلة نقطية. ومن المدهش والمفيد أن نعلم عدم اعتماد (قانون نيوتــن للجذب العام) على وجود أية كتلة بينية في الفــراغ الفاصل بين جسمين، بمعنى عدم وجود ما يشابه (الحاجز أو الدرع المضاد للجاذبية) الذي يعمل على حماية أي جسم من تأثير جاذبية أي جسم آخر.

ولكــن لابد لنا من الاستدراك هنا والقول إنه برغم الإشادة (بنظرية أنشتين العامة للنسبية) والتــي تمثــل الجاذبية كانحناء والتــواء في الفضاء، وفعلها الدقيق في تفســير طبيعة الحركة في حقــول جذب متناهية في العظمة والضخامة – كالحقل الذي يحفظ عطارد في مداره حول الشمس مثلا – إلا أن في (نظرية نيوتن) وميكانيكيتها ما يغنينا في حساباتنا وبحوثنا المتعلقة بالجل الأعظم من أمورنا الاعتيادية وضمن مقاييسنا اليومية.

استوجب (اينشتين) لتأثير الجاذبية سرعة تساوي سرعة الضوء، وعليه فإذا ما افترضنا اختفاء الشمس من موقعها وسط عائلتها الكواكبية فجأة، ضمن نظامها الشمسي فإن الأرض سوف تظل (متمسكة) بمدارها حولها لما يقارب الثمان دقائق بعد ذلك – وهو الوقت اللازم للضوء لقطع المسافة الفاصلة بين الشمس والأرض، هذا ويعتقد كثير من العلماء اليوم بضرورة (لملمة) الجاذبية وجعلها كميمات (أي وحدات منفصلة أو جسيمات) أسموها ابتداءً بـ (جاذبتونات – Gravitons) أســوة بالإلكترونــات وكميمــات الضوء (الفوتونــات) التي دخلت عالم الفيزياء كوحدات تكوين كافة أطياف الموجات الكهرومغناطيسية.

دعنا – وكفسحة فكرية – نناقش شيئاً من مضامين نظرية الجاذبية حسب تصور (اينشتين) ووفقا لنظريته الخاصة في النسبية.

ففــي عــام (1915)، أي بعد مرور عشر سنــوات على نشر (**اينشــتين**) لنظريته الخاصة في النسبيــة (والتي أزاحت صفة الإطلاق عن كل من حدي المسافة والزمن)، طلع اينشتين علينا (بنظريتــه العامة في النسبية) والتي فسرت طبيعة الجاذبية من منظور خاص مختلف عما سبق. لقد جاء (**اينشتين**) بمفهوم أقض مضاجع العلماء، وباقتراح أدار لهم عقولهم حينما نزع صفة

(القوة) عنها ورفض مساواتها مع غيرها وألبسها صفة التابع (والنتيجة) لتحدب (الزمكان) الناتج بفعل كتلتها عليه. ومختصر ما يُحبّذ اهتمامنا للاستدلال على الفرق بين (عالمي) نيوتن واينشتين هو المثال المتعلق ببعض الأجسام ككوكب عطارد، أقرب جيراننا إلى الشمس... فقد جاء في ذكر مقدار المسافة التي تفصله عن الشمس، في طبعة عام (1910) من الموسوعة البريطانية والتي اعتمدت على (قانون نيوتن في الجذب العام) في تحقيق العلاقة لـ [r مرفوعاً للقوة (2.0000001612)] بدلا من الـ [r تربيع (أي المرفوعة للقوة 2)] المفترضة وذلك لغرض تحسين فرص التنبؤ بحركة ذلك الكوكب.

يعتبر مثال الكرة الثقيلة على الغشاء المطاطي من أبسط وأدق الأمثلة لتقريب (نظرية اينشتين للجاذبية) إلى ذهن المتلقي لفهمها، فيفترض أولا انغمار كل كتلة في الكون في مجالها (الفضازماني) الذي يلفها فتغطس فيه كما تغطس كرة (البولنك) الثقيلة إذا ما استقرت على غشاء مطاطي مناسب.

وهذا تصور عملي دقيق لما تفعله النجوم في النسيج (الزمكاني) الكوني. والآن إذا ما حاولنا وضع كرة صغيرة من الزجاج أو من الرخام في التقعر الناتج عن استقرار كرة البولنك على الغشاء المطاطي المتوتر ودفعها قليلا بضربة بسيطة، فإنها سوف تدور لفترة وجيزة حول الكرة الكبيرة؛ وهذا ما يحصل – في تصور اينشتين –للكواكب الدائرة حول الشمس. ولكنك إذا ما حاولت تحريك كرة الزجاج الصغيرة على ذات الغشاء المطاطي ولكن بعيدا عن موقع الكرة الكبيرة حيث لا يوجد تقعر بيّن فإنها لن تتأثر بها أبدا. إن في تغير شكل الغشاء المطاطي بفعل وجود الكرة الثقيلة عليه لهو الموازي التوضيحي لحال النسيج الزماني والمكاني الذي يلف كافة النجوم والكواكب وعليه فقد رسخ في أذهان العلماء والفيزيائيين الآن المبدأ القائل بانحناء الفضاء (الزمكاني) بفعل الكتل (وهو الذي يملي على المادة مسارها). ينطبق ذلك حتى على الأشعة الضوئية التي تعاني شيئاً من الانحناء عند انطلاقها في الفضاء، وعليه فإن مواقع النجوم والمجرات التي نلاحظها ترصع السماء الصافية ليلا لا تمثل مواقعها الحقيقية وإنما مواقع خيالية تصورية نتجت عن انحناء الضوء الوارد إلينا منها عند سفره في حبك السماء.

ينجر عن انحناء الفضاء (المكان) تغيرا في الزمان، ووفق منظور (**اينشتين**) للكون فإن وجود الزمن أصلا لابد وأن يكون مرتبطا جذريا بوجود الفضاء، ونظريته في النسبية العامة لخير عون لنا لإدراك كيفية (تغيير) الزمن بفعل الجاذبية وتفسير كيفية مرور الوقت (أبطأ) في قبو منزلك عنه في الطابق العلوي حيث يخف تأثير الجاذبية قليلا ويضعف. تسمح المعطيات النظرية للنسبية العامة باحتمال السفر عبر الزمن، ليس ذلك فحسب بل ولعلها تشجع على ذلك بعدة سبل شرحت بعضها في الكثير من كتبي السابقة كالكتاب الذي نُشر لي بعنوان (دليل المسافر عبر الزمن)، لا أخالك تحسب أن ما ذكرناه وما يُنسب إلى تلك النظريات هو مجرد حدس وخيال، وإنما هي حقائق مادية فيزيائية دامغة تم التوصل إليها عبر العديد والعديد من التجارب وتم التأكد من صحتها ودقتها مرات كثيرة.

ولي أن أذكر في سياق حديثنا عن الجاذبية وجود مجاميع صغيرة من علماء الفلك والفيزيائيين والذين اتخذوا على عاتقهم سبر الحقيقة والتأكد من صحة بديل مناقض تماما (لقانون نيوتن في الجذب العام)، وهو الحقل الذي أطلق عليه اصطلاحاً اسم ديناميكا نيوتن المحورة – أو موند (Modified Newtonian Dynamics – MOND)؛ غرضهم في ذلك تفسير بعض الظواهر المقلقة والمهمة والمتعلقة بتصرف الجاذبية على مستوى المجرات النائية، فلقد دأب الفلكيون على إدراك (وبنتيجة المراقبة الدقيقة المستمرة) أن المجرات تدور، ولكن بسرع (عالية جداً نسبياً) الأمر الذي يحتم عليها معها أن تتبعثر شُتاتا في الفضاء الكوني – والحال الواقع عكس ذلك بالطبع فهي هناك متماسكة نراقبها بأم أعيننا! – وعليه فقد افترضوا وجود كميات هائلة من الكتلة التي لا تُرى اسموها (بالمادة السوداء – Dark Matler) هي المسؤولة عن توليد مقدار الجذب الإضافي الضروري لتماسك مجرات الكون. أما مناصرو نظرية (موند – MOND) والعاملون عليها فلهم رأي مخالف وتفسير مغاير يقول بعدم ضرورة افتراض وجود (المادة التي لا تُرى)، أو (المادة السوداء) ولكن بتفسير تصرُّف الجاذبية ذاتها بأسلوب مغاير لما يمليه علينا فهمنا لحقيقة ما يعنيه تناسبها العكسي مع مربع المسافة الفاصلة: $1/r^2$، (وهو الحد الشهير في قانون نيوتن للجذب العام). ولكن لاداعي لقلقنا –

نحن قراء العلوم البسطاء – فلا زال أمام تلك الفرق الفسيح من الوقت ليبددوه، والكثير من الجهد ليبذلوه كي يغيروا جذريا مفهوم العالم عن الجاذبية، ناهيك عن حاجتهم للعدد الجم من الأدلة والبراهين لدعم ما ذهبوا إليه والتي لا تتوفر لديهم في الوقت الحاضر....

لأجـل إضفاء المزيد مـن الدقة لحساب مختلف الظواهـر الكونية، دأب العلمـاء والفلكيون والفيزيائيـون على تحسين وتطوير وحتى استنبـاط الجديد من المعادلات والحدود الرياضية بناء علـى مشاهداتهم الفعلية لتلك الظواهر في الكون الذي يحيط بنا، وبتطوير تلك المعادلات قد يضاف حد هنا أو ترفع قوة الاس هناك للوصول إلى الغرض المطلوب. ينتج عن ذلك احتمالات وتنبـؤات قد تكون صعبة التصديق أو حتـى ضربا من الخيال. لقد تعسر على الكثيرين – لأول عهدهـم بالنظرية النسبية الخاصـة – تصور إمكانية انكماش طول جسـم يسير بسرعة الضوء (بالنسبـة لمشاهد ثابـت) الى الصفر في حين ستبلغ كتلته ما لانهاية من الكيلوغرامات!! ولكن هـذا هو بالفعل ما اقترحته تلك النظرية وصدقته كافـة الحسابات والمشاهدات الفعلية، واليوم يقـترح الكثير مـن الفيزيائيين وجود العديد من الأكوان (وليس كونـا واحدا!) الموازية لكوننا هذا الذي نعيش فيه – وقد تستعمل صفحات كتاب مفتوح أو طبقات بصلة مقصوصة كمثال مبسـط لذلـك – ودليل العلماء على ذلك هو رصد وقياس مقدار (ما ينضح) من قوى الجاذبية من طبقة (كون) إلى طبقة (الكون الآخر) الذي يجاوره، فقد ينحرف شعاع الضوء الوارد إلينا من مجرة سحيقة بتاثير جاذبية أجسام (مخفية) توجد في كون موازٍ لا يبعد عن كوننا الذي يتم فيه استلام شعاع الضوء وقياسه إلا بضعة ملمترات لا غيرها!!. يعود تاريخ فكرة البحث عن تلكم الأكـوان (بعد تراكم العديد من المعطيات التي تقترح وجودها) إلى عام (1997) حينما صمم فريق مـن العلماء من (جامعة كولورادو في بولدر) وشرع باختبـار بعض التجارب التي تدعم احتمالية وجود مثل تلك الأكوان قريبة منا، فمن الناحية العملية التطبيقية ستكون أي مشاهدة أو تسجيـل أو رصد لأدنى زيغ عن قانون التربيع العكسي النابع من قانون نيوتن للجذب العام دليـلاً – ولو بسيطاً – لدعم التصور القائـل بوجود الأكوان الموازية والمختفية في أبعاد محتجبة عنـا. لا ينبغي لأحد أن يتصور أن فكـرة الأكوان المتعددة المتوازية قد تكون بعيدة أو مستحيلة

المنـال... فقد ظهر في استفتـاء حديث أن حوالي (58%) من أساطين علـوم الفيزياء والفيزياء الفلكيـة على وجه الخصوص يؤمنون – وبناء على معطيـات رياضية رصينة – باحتمال تحقق النظريـة القائلة بوجود نوع ما من تعدد الأكـوان. قام بهذا الاستفتاء الباحث الأمريكي (ديفد روب –David Raub) وأجاب بالإيجاب عليه فيزيائيون عظام من أمثال (**ستيفن هاوكنج**).

قانون نيوتن للتبريد 1701

NEWTON'S LAW OF COOLING, (1701)

وينص على تناسب معدل فقدان أي جسم لحرارته مع مقدار الفرق بين درجة حرارته وحرارة محيطه، ويكتب هذا القانون اليوم:

$$T(t) = T_{env} + [\, T(0) - T_{env} \,] e^{-kt}$$

حيث T – درجة الحرارة الجسم و t – الزمن و Tenv – درجة حرارة المحيط و T(0) – درجة حرارة الجسم الابتدائية و k – ثابت موجب

وإليك المثال التوضيحي التالي: تصور طهيك لقدر من صلصة الطماطم ووضعه وهو في حالة الغليان في إناء ماء باردٍ جارٍ، درجة حرارته (4 درجات مئوية) ثابتة وبدأت بإدارته حتى يبرد. يعتمد معدل التغيير في درجة حرارة الصلصة على $T(0) = 100$ و $T_{env} = 4$، وعليه ستكون: $T(t) = 4 + 96e^{-kt}$ ولو توفرت لدينا أي قراءة إضافية أخرى، كدرجة حرارة الصلصة بعد 5 دقائق مثلا، لاستطعنا حساب قيمة الثابت (k) ولأكملنا المعادلة التي ستحدد درجة حرارة صلصتنا عند أي درجة حرارة مطلوبة (t).

شرح لي أحد أساتذة الطب القضائي في الكلية طريقة استعمال (قانون نيوتن للتبريد) في حساب الوقت التقريبي للوفاة المتوقعة لجثة حديثة الاكتشاف في غرفة أحد الفنادق النائية، إذا ما علمنا درجة حرارة الغرفة عند وصولنا إليها لفحصها وافترضنا ثباتها كذلك. ولغرض تأكيد أهمية (قانون نيوتن للتبريد) فيما ذهبنا إليه، دعنا نفترض حضورك لتمارين إحدى مسلسلات القتل والإجرام الشائعة وصادف حضورك لمشهد جثة امرأة وجدت ميتة مسجاة على سجادة في إحدى غرف موتيل مشبوه عند طرف البلدة، اسم القتيلة (مونيكا) ودرجة حرارة جثتها الآن (80 درجة فهرنهايت) ودرجة حرارة الغرفة الباردة نسبيا (60 درجة فهرنهايت). قيست درجة حرارة الجثة بعد ساعة من قياسها للمرة الأولى فوجد أنها قد انخفضت إلى (75 درجة فهرنهايت). وهكذا ستتوفر لديك كافة المعلومات اللازمة،

وستستطيع باستخدام (قانون نيوتن للتبريد) حساب وتعيين وقت وفاة (أو مقتل) مونيكا فقط إذا افترضت أن درجة حرارة الجسم الحي الطبيعية هي (98.6 درجة فهرنهايت).

فيما يخص قضية جثة (مونيكا)، لابد وأن يقبل الادعاء العام بالتعيين التقريبي لوقت الوفاة وذلك لافتراض (قانون نيوتن) الذي بين أيدينا ضرورة كون الأجسام التي تخضع له متناسقة ومتساوية في درجة حرارة كافة أجزائها وهذا ما لا ينطبق حقيقة على جسم الإنسان الحي، فمن المعلوم أن درجة حرارة الجلد عادة ما تكون أوطأ من درجة حرارة الأحشاء الداخلية كالقلب والدماغ. وعلى كل حال فإن في (قانون نيوتن للتبريد) الفائدة والسند العلمي والطبي القضائي الكافي لتحديد وقت الوفاة ولو بصورة تقريبية.

للفضوليين فقط:

- بين التحليل الدقيق لأجزاء جثة (**نيوتن**) بعد استخراجها من قبرها احتواءها على كميات كبيرة جدا من عنصر الزئبق، لعله كان قد تناولها خلال أبحاثه المستفيضة في علوم (الخيمياء).

- لم يكن (**نيوتن**) شديد الميل للتأليف والنشر، فلولا إصرار زملائه وأصدقائه ورجاؤهم واستدراجهم له لما رأت الكثير من مؤلفاته النور أبدا.

- لقد كان اهتمام (**نيوتن**) الاستثنائي بتصوير نفسه ووضع صورة له في كل مكان، ولكأنه كان مهتما جدا بتخليد نفسه للأجيال القادمة ملفتا للنظر حقا وبالأخص لدى بلوغه مرحلة الكبر والشيخوخة.

- آمن بالنظرية القائلة بأن المعادن والفلزات (وبكافة أنواعها) إنما هي (كائنات مماثلة) للأشجار وبإمكانها النمو والانتشار مثلها تماماً ولكن في باطن الأرض، وتحت التراب، ولا تتكون على سطحها.

- ذكرت آلاف المصادر عبر الإنترنت ومئات غيرها من المصادر المطبوعة قصة [ديموند – Dimond) الماس]، وهو كلب نيوتن المدلل وما صنعه. وتتلخص قصة (ديموند) هذا، حينما قفز يوماً على إحدى طاولات (نيوتن) وأوقع شمعة مشتعلةً، أضرمت ناراً، أتت

علـى أوراق لنيوتن اختفت باحتراقها أعماله المسجلـة ولسنين عديدة. ولكن الجدير بالذكر هو تأكيد (ميلـو كينيس – Milo Kenes) مؤرخ حياة (نيوتن) وكاتب سيرته الذاتية على عـدم امتلاك (نيوتن) لأي كلب في يوم من الأيـام، وإصراره على أن قصة الكلب لم تكن إلا محض اختلاق وإحدى الأكاذيب التي لم يكن لها أي نصيب من الحقيقة أو أصل من الصحة.

– لقـد جاء ذكـر الفلكي الهندي (براهما كوبتـا – Brahmagupta) ضمن الكتابات والمخطوطـات القديمـة، والذي تنسـب إليه فكرة كـون الجاذبية هي إحـدى قوة السحب وبأنـه استخدم المصطلـح السنسكريتي (نسبة الى اللغة السنسكريتيـة) – كروهاتفا كارشان Gruhtvaakarshan–) في عام (628) للميلاد للدلالة عليها.

أقوال مأثـورة:

– لا ينبغـي مؤاخذة نيوتن على (انحـداره) إلى دراسة علوم (الخيمياء)[1] وما صاحبها من دراسـات للشعوذة وتحويل المعادن الخسيسة إلى ذهب والماورائيات والسحر. فلولا انغماسه بكل تلك الضروب من (معارف) ذلك الزمان لما تفتق ذهنه عن أفكار بمستوى قوى الجاذبية والنفور بين الأجسام ولما استطاع وضع أسس وملامح نظامه الفيزيائي.

هنري

John Henry، (Newton، Matter، and Magic)، in John Fauvel et al's (Let Newton Be!)

من مقالة له بعنوان (نيوتن والمادة والسحر).

نشرت ضمن كتاب المؤلف وهو بعنوان (ليكن ما يكن فهو نيوتن!)

– لقـد سجل التاريخ (نُيوتن) كأعظـم عبقري في سِفْره، فلم يُنجب مثله لامعا محظوظا أبـدا، وذلك لسبـب بسيط هو أنه ليس بإمكاننا إيجاد عالم آخـر لنُهندس ونُبدع له نظامه

(1) راجع المعنى المفصل لهذه الكلمة في حاشية هذا الكتاب صفحة (210). (المترجم)

غير عالمنا هذا.

لاكرينج

Joseph Louis Lagrange، (Oeuvres de Lagrange، 1867).

– لقد ذكر المولى القدير (جل وعلا) العديد من النبوءات في كتبه السماوية، ليس لإرضاء غرور بني البشر وإشباع فضولهم بتمكينهم من معرفة المستقبل و القادم من الأحداث والأشياء، ولكن الغرض الأسمى منها كان وسيظل (إنفاذ إرادته تبارك وتعالى).

وبعد تحققها وظهور الأحداث التي دلت عليها وتفسيرها، لن يعود الفضل – بالطبع – لا للمفسرين ولا للأحداث ذاتها وإنما لرحمته (عز وجل) بالخلق ورعايته لهم والتي ستظهر واضحة وتتجسد للعالم حينذاك. ولا غرابة في أن يتقادم الزمن على النبوءة المتحققة أو المعجزة الملموسة قبل أن يتحقق الإيمان التام السامي بإدراك تلك الرحمة والرعاية الإلهيتين.

نيوتن

Isaac Newton، (Observation upon the Prophecies of Daniel [1]
and the Apocalypse[2] of St. John، 1733)

مقتطف من كتابه (ملاحظات حول نبوءات النبي -دانيال- وتجليات القديس - جون)، 1733.

(1) Daniel: وهو اسم دانيال أحد أنبياء بني إسرائيل ومعناه (دع الإله – سبحانه – يكون حكمي). وبحسب رواية التوراة فقد سبي صغيراً إلى بابل وظهرت معجزاته عندما لم تأكله الأسود التي رمي إليها، كما سطع نجمه أيام الملك نبوخذ نصر لقابليته على تفسير الأحلام. استمر في تقلده مناصب الدولة الرفيعة في مملكة بابل حتى صار أحد حكمائها، بعد تمكنه من قراءة نبوءة قتل الملك (بلشزار Belshazzar) من قبل أولاده، كما استطاع الاحتفاظ بمناصبه بعد غزو الفرس لبابل وتدميرها ولذلك تمكن من إعادة الكثير من اليهود إلى أورشليم. واختلف حول موقع ضريحه الحقيقي، فيوجد ضريح له في الضاحية التي تحمل اسمه قرب مدينة بابل، كما يعتقد بوجود آخر في كل من المقدادية وكركوك في العراق، وفي كل من (سوسة – Susa) و (ملامير – Malamir) في إيران. (المترجم).

(2) Apocalypse: وهو التجلي بمعنى كشف الحجب لبني البشر عما خفي عنهم، ففي المفهوم الإسلامي: هي الساعة التي يكشف فيها الحجاب فيرى الإنسان عندها كل شيء. (فكشفنا عنك غطاءك فبصرك اليوم حديد) ق – 22. وفي المفهوم المسيحي للكلمة نفس المعنى، أو قد تعني مفهوم نهاية العالم كما خلال وبعد (معركة أرماجدون Armageddon Battle).
كما قد تعني آخر ما كتبه (القديس جون – Saint John) وهو أحد حواريي السيد المسيح عليه السلام ويمثل الجزء الأخير من الإنجيل. وخير ما يوضح هذه المفاهيم هو المصطلح الاغريقي (apokalupsis eschaton) ويعني كشف الحجب الماورائية عن البشر أو نهاية الزمان. (المترجم).

– لقد وصف هذا القانون (قانون الجاذبية) وعن حق بأنه أشمل وأعظم تعميم توصل إليه الذهن البشري. أنا لست مهتما إلى تلك الدرجة بالذهن البشري بقدر اهتمامي واعجابي بالطبيعة التي (رضيت) بخضوعها لمثل هذا القانون الرشيق والانيق، وأقصد به (قانون الجاذبية). وعليه فلن نركز كثيرا على مقدار نباهتنا التي أوصلتنا إلى اكتشافه وإيجاده بقدر ما لنا حق الإعجاب – إن لم نقل الذهول – لحقيقة عظمة ونباهة الطبيعة التي التفتت إلى مثل هذا القانون وشملته باهتمامها.

فينمن

Riohard Feynman، The Character of Physical Law

مقتطف من كتابه (صفة القانون الفيزيائي).

– لقد شكلت الرياضيات (نيوتن) ما شكله الماء للأسماك والهواء للطيور، هي وسطه وشغفه وديدنه الذي لم يمكنه العيش بدونه والذي امتلك ناصيته دون أي جهد وبلا أدنى نقاش.

وستفول

Richard West fall، (Newton's Scientific Personality

مقتطف من كتابه (شخصية نيوتن العلمية).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

– [اسحق نيوتن (Isaac Newton (1642–1727] رياضي وفيزيائي بريطاني اشتهر عالميا بقوانينه في الحركة والتجاذب والتبريد وبنظرياته حول الضوء والألوان وفي ابتكاره لحساب التفاضل والتكامل، وسيكل القلم حقاً وسيعجز حتماً عند محاولته الإحاطة بكافة انجازاته واهتماماته.

– ومن نافلة القول أن نضيف إلى مهاراته كونه فلكيا بارعا وتجريبيا استطاع تحليل الضوء الأبيض إلى ألوانه الأساسية وإثبات تكونه منها وذلك بعكس عملية فصل الألوان بموشور مقلوب وكان قد فسر ظاهرة القوس قزح وبنى أول منظار نجمي عاكس، كما اكتشف

نظريـة ذات الحديـن (Binomial Theorem) وابتكر الإحداثيـات القطبية واستطاع إثبات أن القوة التي تسقط التفاح من على أشجاره إنما هي ذات القوة التي تسوق الكواكب في مداراتها حول الشمس، وهي التي تولد الأمواج في البحار والمحيطات.

– كمـا كان المؤلـف للعديد من الرسائل الإنجيليـة ذوات العناوين التي لهـا علاقة مباشرة بالكتاب المقدس كالتي كتبها عن نبوآته. وقد أثبت تاريخ حياته ومراجعة سيرته الذاتية اشتغاله وتكريسـه جل وقته في دراسة مواد الكتاب المقدس واللاهوت[1] والخيمياء[2]، حتى أنه كان قد كتب في المواضيع الدينية والسحرية أكثر مما كتبه فعلا في العلوم الطبيعية.

– وتدل الحقائق على أنه كان قد أمضى الشطر الأعظم من حياته في تحليل نصوص الكتاب المقدس القديمة. وما يدهش فعلا بخصوص اكتشافاته العلمية الضخمة هو ندرة الوقت الذي كان قـد كرسـه فعلا لها. كتب خبير الاقتصـاد والفيلسوف المعروف [جـون مينارد كينس John Maynard Keynes (1883–1946)] والـذي كان قـد درس كافـة مؤلفات نيوتـن في الخيمياء، سـيرة ذاتية مختصرة له على شكل مقالة جاء فيهـا: (**إن نيوتن لم يكن أبدا من أوائل حمله لواء المنطق والعلم والسببية والتفسير المادي، وإنما كان في الحقيقة آخر السحرة العظام الذين انطوى سجل التاريخ عما سواه طاردا إياهم بعيدا عنه**).

– ولعل من المفيد الإشارة هنا إلى أن قلة قليلة جدا من المتتبعين لتاريخه وتاريخ العلم ليعلمون أن حقيقـة مثابـرة نيوتن وإصراره كان مـن أجل أن يخلد التاريخ اسمـه كأحد المجددين في الكتابات اللاهوتية والدراسات الإنجيلية (حسب رغبته) أكثر من اشتهاره في تأليفه لنصوصه العلمية وكتبه الرياضية.

– ومـن المفيـد أن نذكر وعلى وجـه التحديد أن إيمـان (**نيوتن**) بالمسيحيـة كان على مبدأ التوحيـد المطلق وليس علـى مبدأ الأقانيم الثلاثة، فقد آمن وعلى وجـه التحديد بأن **الله** (عز

(1) راجع معنى الكلمة في حاشية صفحة 154 من هذا الكتاب. (المترجم)
(2) راجع معنى الكلمة في حاشية صفحة 210 من هذا الكتاب. (المترجم)

وجـل) كان قد خلق السيد المسيح (عليـه السلام) كإنسان اعتيادي فـان وليس كإله خالد، وقـد تمكن من إيضاح منطق تفكـيره الديني بأسلوب علمي منهجي مقبـول منتقدا التفكير الخيالي المفعم بالأوهام والذي ساد في عصره مبيناً بأن طغيان الأمزجة الحارة، وسيطرة التطير والخرافـات على العقل البشري وخاصـة في الأمور المتعلقة بالدين هو بالحقيقة ما دفع رجال الديـن المسيحي آنذاك لإضفاء روح الغموض والإبهام الـذي يميل مزاج الإنسان الاعتيادي إليـه، فلاشك أن انجـذاب عموم الناس وحبهم للغامض المستور من الأمور مما لا يعلمون عنه شيئا، ليفوق بمراحل حبهم وشغفهم بما يعلمونه منها.

لقد انعكس الإيمان الاستثنائي (لنيوتن) وطريقة تفكيره في توحيد الألوهية والربوبية بمعبود واحـد على طريقة تفكـير الآباء المؤسسين لأمريـكا المعاصرة في تاريخهـا الحديث، وعليه لم يتخـذ أي من رؤساء الولايات المتحدة الخمسـة الأوائل المسيحية التقليدية كمذهب له، فعلى سبيـل المثال لقد كان [جون آدمـز John Adams (1735–1826)] وهو الرئيس الثاني لهـا موحدا (خالصا) لم يقبل يومـا لا بوجود الأقانيم الثلاثة ولا بألوهيـة السيد المسيح (عليه السـلام)، كما يذكر لنا التاريـخ استعمال (توماس جيفرسـون – Thomas Jefferson) الموسى في عام (1804) لإزالة كل النصوص من الكتاب المقدس والتي لها علاقة بطبعة الملك جيمس (King James) للعهد الجديد والتي احتوت على نصوص وأفكار (ما فوق طبيعية) كطريقة ولادة السيد المسيح (عليه السلام) وقضية بعثه قبل يوم القيامة وقصص تحويل المياه إلى نبيذ. لم يتبق بعد كل تلك الإزالات إلا ما يقارب عُشر الكتاب المقدس القديم والذي قام (جيفر سون) بإلصاقه ببعضه وطبعه تحت عنوان [فلسفة يسوع المسيح (عليه السلام) من نزاريا].

لم يخف (جيفرسون) احترامه وتبجيله للسيد المسيح (عليه السلام) كإنسان وكمعلم وكنبي مبعوث له رسالته ولكنه كثيرا ما كان يرفض إضفاء صفة الألوهية عليه وإحاطته بها.

لقد تقبل (نيوتن) واحترم وجود الكتاب المقدس وآمن بتعاليمه وما جاء به في قصة الخلق، إلا أنه وفي نفس الوقت كان شديد البحث عما يكون قد خفي بين سطوره من طلاسم وألغاز ومـا ووري بـين صفحاته من رسائل ونبـوءات، كما أنه لم يتهاون أبداً عـن كتابة العديد من

الرسائــل التي تنتقد بعض أطروحاته كما جاء في كتابــه الموسوم (ملاحظات تاريخية معمقة حــول اثنين من نصوص التوراة الخاطئة)، هذا وقد بين فيه، بعد بحث طويل ودراسة معمقة بأن التاريخ الحقيقي لتعميد السيد المسيح كان في الثالث من شهر نيسان (أبريل) من عام (33) بعد الميلاد، وهو التاريخ المقبول اليوم لدى الكثيرين. هذا ويعتبر حساب التفاضل والتكامل واحــدا من أهم إبداعات (**نيوتن**) ابتكرها لتفسير ظاهرة الحركة وقد يكون قد فعل ذلك بغية التعرف أكثر على الطبيعة وفهمها بصورة أعمق، وذلك تقربا لله عز وجل (سبحانه وتعالى).

ولعلــه مــن المفيد جداً وقبل أن نسترســل في شرح تفاصيل حياة هــذا العبقري، ومن المثير والملــذ حقا أن نكون تصــورا أوضح وفهما أعمق لاهتماماته المتنوعــة وموسوعتيه الفريدة، فلقد ظهر جليا للعيان وبعد تحليل ودراسة مجموع ما تركه من كتب في مكتبته الخاصة والبالغ عددهــا (1،752) كتابا بعد وفاته أنه كان للرجل ميل طاغٍ واهتمام استثنائي بالأمور الغيبية والمسائــل الغامضة والمواضيع المعقدة والألغاز الدينية، ولعل خير ما وصلنا من تصنيف لتلك المكتبة هو ما جاء في مؤلف (جون هاريسن – John Harrison) الموسوم (مكتبة اسحاق نيوتن الشخصية) وقد صنفها وفق مواضيعها وأظهر تركيز كتبها على مواضيع محددة لخصها الجــدول رقم(4) في أدناه. ومن المدهش أن نلاحــظ فيه أن ما لا يزيد على (12%) فقط من مجموع عناوين ما حوته تلك المكتبة العامرة كان له علاقة وثيقة بما عرف واشتهر به نيوتن في العالم العلمي الحديث.

لقــد صُنف (**نيوتن**) بأنه مسيحي أصولي ملتزم مؤمن بحذافير تعاليم الكتاب المقدس ومن النــوع الــذي لا يشق له غبار، فقــد كان راسخ الايمان بوجود الملائكــة والشياطين وإبليس (لعنــه الله)، كما كان شديــد الايمان بالتفسير الحــرفي للخليقة والتكوين فلــم يتعد بتفكيره حقيقــة الأرض ونشوئها وإنما أعتقد أن عمرهــا لا يتجاوز البضعة القليلة من آلاف السنين. ومــن ضمن اهتماماته كان دأبه الــذي لم يفتر ومحاولاته التي لم تــكلّ لإثبات حقيقة الوقائع التاريخيــة التي جاء بها العهد القديم من الكتاب المقدســ، ولقد بين في أحد كتبه حوله بأن منعطفا حاداً خطيراً كان قد أصاب الديانة المسيحية ككل في القرن الرابع بعد الميلاد حينما

تبنى قنصل نيكاي (Council of Nicaea)[1] مفهوماً متعصباً خاطئاً حول طبيعة السيد المسيح (عليه السلام).

الجدول رقم 4

عدد الكتب وتصنيفها في مكتبة اسحاق نيوتن الخاصة البالغ عددها (1752) كتاباً:		
الموضوع	عدد الكتب	نسبتها
الديانة واللاهوت	477	(27.2%)
علوم الخيمياء والسحر	169	(9.6%)
الرياضيات	126	(7.2%)
الفيزيـــاء	52	(3.0%)
علوم الفلك	33	(1.9%)
مواضيع أخرى متفرقة	895	(51.1%)
المصدر: جون هرسن [مكتبة اسحاق نيوتن (كمبردج) مطبعة جامعة كيمبردج – المملكة المتحدة 1978]. John Harison، The Library of Isaac Newton (Combridge، U.K. Combridge Universi		

ولنــا الحــق أن نتساءل عن أعــداد المسائل التي كـــان بإمكان (نيوتــن) حلهــا وعن كميـة المعلومــات التــي كان بإمكانه التوصل إليها لو أنه كان قد قلصــ قليلا من الوقت الذي نذره لدراسات الكتاب المقدس. لقد تبيّن من دراسة حياته عن كثب أنه لم تكن للرجل أي اهتمامات بالجنس أبدا، فهو لم يتزوج قط وبناء على ما شهد به كافة معاصريه أنه لم يضحك في حياته أبدا (وإن كان قــد تبســم أحيانا في بعض المواضع). لقد عانــى خلال حياته من انهيارات عصبية جسيمــة، وقد استنتج بعضــ المختصين من مراجعة سجلات حياته بأنــه كان مصابا بالكآبة العُصابيــة (وهو نوع مرضي عنيف جدا مــن الكآبة) المقترنة بازدواجيــة الشعور، والمتميزة بحــالات نفسية ومزاجية من الحــزن الشديد متبادلة مع حالات من السعــادة والحبور. وقد توصل بعض المؤرخــين والباحثين في تفاصيل حياة نيوتن انه كان مصابا بما يسمى (بمتلازمة

(1) Council of Nicaea – قنصــل نيـكاي (الأول): كان رئيـس الأساقفة ورأس الكنيســة الكاثولوكية في زمن الأمبراطور الرومــاني قسطنطــين في 325 ب. م. وموقعهــا الآن مدينة (أزنك) التركية – اشتهر بإعلانه المقدس لتوحيد الأمة المسيحية وأدخل تعاليم جديدة عليها لم يقبلها الجميع. (المترجم)

اسبرجر – Asperger's Syndrome)[1]. كتب (ميلو كينس – Milo Keynes) في مؤلفه (شخصية اسحاق نيوتن) ما يلي:

((لقد امتاز نيوتن بكونه شخصا محروما من روح النكتة والسعادة، دائم التوجس والاضطراب، كثيرا ما كان يركبه الهم ولم يشعر أبدا بالأمان في حياته. لقد كان محافظا جدا لا يُطلع أحدا على خصوصياته مع صفات انفعالية ظاهرة ودفينة وحالات تقمص لا يخطئها أي مراقب، كما كان شديد التزمت ذا أفكار (هرطقية) صعبة القبول. كما كان (طهورياً) متدينا أصوليا متعففاً شديد الشعور بالذنب لأدنى تصرف أو شعور، وكان ذا قابلية محدودة جدا (وقد تكون معدومة!) على الشعور بالفرح والتمتع بأي لذة، ولكن الظاهر أنه كان يحب وبشغف تناول قطع لحم البقر المشوية جيدة الشي... ولم تمر على لسانه كلمة (الحب) في حياته أبدا)).

لقد ذكر كاتب سيرته الذاتية (انتوني ستور – Anthony Storr) وأكد على (هوس نيوتن الدائم بالتنقل من منزل إلى منزل ومن مكان إلى آخر، فلقد كان عُصابه مرضيا بكل المقاييس. ولعله بالإمكان عزو ذلك إلى خوفه الدائم ولوجله ولخجله المستديم من تكوين أو مصادفة أية علاقة نسائية، فلقد كان الرجل قد قرر إحباط وإزالة كل ما له علاقة بالجنس في حياته والظاهر أنه قد نجح بذلك نجاحاً كبيرا!!).

سلط (بل برايسون – Bill Bryson) الكثير من الضوء على مثالب شخصية نيوتن، وعلى غرابته في تصرفاته في كتابه الموسوم (المختصر في تاريخ كل شيء) حين قال:

((لقد جمع نيوتن في شخصيته أغرب ما يمكن جمعه من عجائب الصفات وغريب الملامح، فلقد اشتهر بشروده الدائم، وبالأخص عند نهوضه صباحا من فراشه وبقائه جالسا عليه لساعات طوال، ساهما حالما لا تراه يحرك ساكنا إلا هزهزة رجليه

(1) Asperger's Syndrome – نوع خاص من طيف أمراض التوحد. أول من وصفه هو طبيب الأطفال النمساوي (هانز اسبرجر – Hans Asperger) والذي لاحظ في عام 1944 أعراضه المتمثلة بفقدان الخصوصية الاجتماعية والاضطراب الجسدي والهوس المرضي والاهتمام العميق ببعض الأشياء الخاصة والغريبة والتمسك بها، سببه وراثي على الغالب ولا يظهر أي اختلال في التصوير الرنيني المغناطيسي الطبقي الدماغي لمرضاه. (المترجم).

الغُصابية والمتدلية من سريره، في حين قد تسمو كامل جسمه بسبب ذلك السيل العارم مـن الأفـكار والهواجس التـي كثيرا ما كانت تتزاحـم في ذهنه وتملأ رأسـه. ولم يكن ليتوانى أبداً عن الشروع بالأعمال الغريبة وحتى المسـتهجنة بدافع حب الاستطلاع أو لاستكشاف فكرة طرأت له أو للتحقق من خاطرة لمعتْ في ذهنه، حتى أنه كان قد أقدم يومـا على إدخال مخرز مدبب (وهي الابرة المخصصـة لخياطة الجلود) إلى داخل محجر عينه فقط من أجل الإحساس وإدراك ما يمكن أن يؤول إليه مثل هذا العمل!!

ولـد (نيوتـن) في مدينـة (ولسثـورب – بـاي – كولسـترورث Woolsthorpe–by–Colsterworth) في إنكلـترا في يـوم عيد الميلاد من عـام (1642) وفق التقويم القديم المعتمد عنـد ولادته، والمصادف لليوم الرابع من شهر كانون الثاني (يناير) من عام (1643) حسب التقويم الكريكوري (الميلادي) المعتمد اليوم. لم ير (نيوتن) أباه أبدا والذي حمل نفس اسم (اسحاق نيوتن)، وذلـك لوفاته قبل ولادة ابنه بثلاثة أشهر. لقـد كان الأب أُميا لا يعرف القـراءة ولا الكتابـة كما لم يكـن يمكنـه حتى توقيـع اسمـه. أرّخ (ريجـارد ويستفول – Richard Westfall) لعام ولادة نيوتن في كتابه الموسوم (السيرة الذاتية لاسحاق نيوتن – الرجل الذي لم يعرف الاستكانة) قائلا:

((لقد كان عام (1642) عاماً استثنائياً بلا منازع، فهو العام الذي شهد وفاة (غاليليو) العـالم الجليـل وولادة (نيوتن) العبقـري العظيم ولا يخفـى على أحـد أهمية وعظمة اكتشـافات (غاليليو) والتي شكلت القاعدة الرصينة لاكتشافات وأعمال (نيوتن) من بعده. لقد ولد (غاليليو) في عام (1564) وعاش لما يقارب عامه الثمانين في حين عاش (نيوتن) ليبلغ الخامسة والثمانين من العمر، ولاشك أن الفترة الزمنية التي ضمتها حياة هذيـن العالمين لهي بالفعل مـا أُطلق عليها فترة الثورة العلمية ليسـ تشريفا لها بقدر ما تشرفت هي وتحققت فيها الإنجازات الباهرة التي جسدها عملهما معا خلالها.

لقد عانى (نيوتن) ما عاناه عند وبعد ولادته، فقد جاء للحياة ضعيفا هزيلا ودون الوزن المعتـاد حتى أيقن القرويون الذين شـهدوا ولادته بسرعة وفاته علـى أي حال، ولكنه عاش لسـنوات عانى خلالها من رقبة ضـعيفة وعضـلات خائرة اسـتوجبت إلباسـه

مساند حديدية تعين رأسه على الاستقرار والثبات)).

التفتت والدته إلى حياتها الخاصة بعد ولادته مباشرة وتزوجت من جديد، فلم يبق لليتيم مكانا في عش الزوجية الجديد، ووجد نفسه ولما يبلغ سنتين من عمره في حضانة جدته لأمه التي أرسل إليها بدلا من إرساله إلى ميتم القرية، ولو لم يكن هناك فرق كبير يُذكر بين الملجأين. كره (نيوتن) والدته وزوجها كرها شديدا وكثيراً ما كان يهددهما في مراهقته بأنه لابد أن يحرقهما أحياء في منزلهما يوما ما.

وكحال أي يتيم محروم من عطف الأب وحنان الأم عاش بعيداً عن، ومحروماً من منزل خاص به يشعره بالانتماء والأمان فنشأ (نيوتن) خجولا هادئا قليل الكلام. كتب (ميشيل كولين – Michael Guillen) في مؤلفه الممتع (خمس معادلات غيرت وجه العالم) قائلا:

(لم يكن نيوتن في طفولته تواقا لشيء قدر شغفه بالاختلاط بالصغيرات من عمره، والحقيقة هي أنهن كن السباقات للالتفاف حوله والاهتمام به والإعجاب والفرح بما كان يصنع لهن بيديه من اللعب الصغيرة وقطع الأثاث الدقيقة والذي كان يبتكرها وينفذها بمهارة فائقة مستعملا أطقمه النجارية المصغرة الحاوية على المناشير والمطارق والكلاليب والمسامير والغراء!).

لم يكن إنجازه الدراسي في بواكير عهده بالمدارس مرضياً أبداً ولا كان تحصيله جيدا، فلم يحصل إلا على ألقاب مثل (الغبي) و (الأبله) حينما التحق بمدرسة كرانثام (Grantham's) المجانية لقواعد اللغة حيث لم يستطع أن ينال إعجاب واحترام مدرسيه. وفي تلك الحقبة نال نيوتن – وعن جدارة – المرتبة ما قبل الأخيرة باعتبار كافة طلاب مدرسته. أثر ذلك عليه، فقرر عكس اتجاهه وتغيير مساره فنجح بتبوء المرتبة الأولى في ترتيب صفه. وواظب على امتيازه وتفوقه حتى نعته أحد أساتذته – وقد بلغ الثامنة عشرة من عمره – بالعبقري الذي وثب ليتسنم ذرا التفوق وها قد بدأت ملكته بالسطوع وإمكانياته بالتجلي بقوة متجددة عارمة.

تقدم نيوتن للدخول لكلية (ترنتي) في كامبرج في عام (1661) ولكن دخوله إليها كان محفوفا بالمصاعب ليس من الناحية الاجتماعية فحسب وإنما لإصابته بطعنة نفسية دفينة حين رفضت والدته – وقد كانت على درجة عالية من الرخاء والغنى والثراء في ذلك الوقت – تسديد

أقساط دراسته الجامعية، الأمر الذي دفعه دفعا للاشتغال لكسب قوته وتسديد أجوره فامتهن عمل تفريغ العنابر من محتوياتها تارةً، وحلاقة شعر زملائه الطلاب الأغنياء تارة أخرى. كان أول اهتمام لنيوتن - حاله حال معظم مكتشفي القوانين هو القانون (أي دراسة الحقوق) ولكن اهتمامه سرعان ما تحول إلى العلوم التي أزاحت كل شيء عن طريقها وصارت همه الأكبر، ورغم ما اتسم به من خجل في كافة تعاملاته مع المقربين والأصدقاء وبقية الناس، إلا أنه كان لا يتوانى عن القيام بكثير من الأعمال الغريبة وحتى بعض التجارب الخطرة على نفسه - كما فعل في إحدى المرات حينما حشر بعض المسابر ما بين عينه ومحجرها! ودفعها إلى أبعد ما يمكنه إلى الجهة الخلفية من عينه - وذلك حتى يتمكن من فهم ميكانيكية عمل الجهاز البصري البشري.

يعود تاريخ حب (**نيوتن**) للرياضيات واختمار فكرتها في عقله ونمو بذورها في ذهنه إلى العام (1663) حينما ابتاع كتابا عن التنجيم والذي احتوى على بعض المعادلات الرياضية البسيطة التي أوصلته إلى إدراك جهله بهذه المادة، فما كان عليه إلا أن عقد العزم وابتدأ بدراسة الرياضيات بمنتهى الجدِّية من خلال العديد من مختلف مستويات كتب الجبر والهندسة إلى أن تمكن من الحصول على درجة البكالوريوس من جامعة كمبردج الشهيرة في عام (1665). ولكن عبقريته في الرياضيات لم تكن قد تبلورت بعد عند هذه المرحلة، ولعل القدر كان بحاجة إلى أن يصدمه بعارض عجيب، فكان على تلك الموهبة (التي استطاعت ربط كل كتل الكون مع بعضها بقانون واحد) أن تنتظر مجيء داء الجدري حتى يشع بريقها وتنفلت من عقالها ولكأن الجدري كان بشير تقديم (**نيوتن**)، ومؤذِّنُ إدخاله إلى التاريخ ليخلِّده.

ضرب الموت الأسود، كما كان يدعى آنئذ بكل رهبة وخوف مدينة لندن في عام (1665) وقد جاءت به البراغيث التي حملتها الجرذان. تجاهلت سلطات المدينة نبأ وفاة هنا ووفاة هناك، ولكن مجيء الصيف في ذلك العام كان نذير الشؤم الذي جزع لحلوله كل من مشى على قدمين حيث اكتسح الموت المدينة بما لم يسبق له في التاريخ مثيلا. فبدأ الناس بهجر حاضرتهم المنكوبة وكان أول من بدأ موجات النزوح منها هم الأغنياء الذين هرعوا إلى مقاطعاتهم في الأرياف ولكن سرعان ما حذا حذوهم التجار وكل من استطاع إلى ذلك سبيلا.

لم يكـد ينحسر الشتـاء القارس عن مدينة لندن بحلول شهر حزيـران (يونيو) من ذلك العام حتى هـج الناس هربا وخوفا من أشباح الموت التي قضت علـى المئات وصار منظر الموت مألوفا ولم يعد أحـد يهتم حتى بدفن جثة ارتمت هنا، أو ردم قـبر نصف محفور هناك. ولكن المرعب المهول لم يأت بعـد... فما أن حل الـدفء في شهر تموز (يوليو) حتى طافت شـوارع المدينة وأزقتها بموجات من آلاف الجثـث التـي أغرقت الشوارع والأزقـة والحارات ولم تكد ترى سـوى أشباح الموت في كل بيـت وزاوية. شـك الناس بأن انتشار المرض كان بسبب كثرة عـدد القطط والكلاب التي تزايدت نتيجة ازدياد جثث البشر والجرذان ومساعدتها في نقل المرض فأمر عمدة المدينة ببدء حملة إبادتها، واستمرت الحملة حتى قدر عدد القطط والكلاب المقتولة أكثر من 40000 كلب و 200000 قطة.

سيطر الهلع هذه المرة أكثر على الناس ولكأن أرواح تلك الحيوانات عادت للانتقام من قاتليها أو ممـن تبقى منهم على وجه الأصـح، فقد سببت تلك الحملة الشعواء استشـراء أعداد الجرذان وتكاثرها جنونيا بالنظـر لاختلاف التوازن الطبيعي بينها وبين الحيوانات (المقتولة) التي كانت تتغذى عليها فاستعر إوار الوباء وأجهز على من تبقى في المدينة الملعونة أو كاد. قُدِّر عدد الضحايا التي فتك بها الموت الأسود في لندن خلال ذلك العام وما والاه بحوالي 100000 ضحية.

انطبـق المثل القائل (مصائب قوم عند قوم فوائد) ولكن على حساب موت أناس واشتهار فـرد. فقد أجمع المؤرخون أنه لولا حادث الطاعـون العظيم الذي أصاب لندن وهلع الناس وإغـلاق (جامعة كمـبردج) أبوابها خلال صيف ذلك العـام (1665) لما تمكن (نيوتن) من اكتشـاف قوانينـه، ففي خلال تلك الفـترة آوى (نيوتـن) إلى بيته في مدينـة (ولسثورب – Woolsthorpe) وانعزل فيه وانغمر في تأملاته وطبخ بنات أفكاره ملياً، وأعاد تقييم كل مـا تعلمـه في (كمبردج) ثم ما لبث أن عاد إليها في آذار (مارس) من العام التالي بعد افتتاحها عنـد انحسـار مد الطاعون بسبب برودة الشتـاء، الأمر الذي لم يدم طويـلا فسرعان ما أعاد دفء الربيـع الحياة إلى أوصالـه فاشرأب بعنقه وبدأت موجات جديـدة منه تغير على المدينة خـلال شهور الصيف الموالية الأمر الذي حتم إغـلاق (كمبردج) وبقية المدارس خلال شهر حزيران (يونيو) من عام (1666) وحتى نيسان (أبريل) من العام الموالي (1667) أيضاً. صنع

(نيوتن) في فترة هذا الصيف ما صنعه في صيفه الماضي فقد انزوى في بيته طيلة أشهر الصيف والخريف والشتاء حتى فترة الربيع حين عاد مرة أخرى إلى (كلية ترنيتي).

يشير معظم مؤرخي حياة (نيوتن) وكتاب سيرته الذاتية إلى العام (1666) بأنه العام الشهير باسم (The Year of Miracles – Annus mirabilis) أو بعام العجائب والمعجزات، ولا غرابة في ذلك فقد شهد ذلك العام – وبالاستناد إلى كتابات نيوتن الشخصية – اكتشافه لمكونات الضوء الأبيض، وهي ألوان الطيف. كما اكتشف قانون تربيعه العكسي الخاص بقانونه العام في الجاذبية. وقد توصل في عامه هذا أيضاً إلى وضع الأسس الثابتة لحسابي التفاضل والتكامل وابتكار حساب الهندسة التحليلية قبل أن يتم اكتشافها من جديد وبصورة مستقلة من قبل الرياضي الألماني العريق [كوتفريد فلهلم ليبنز (Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716]، ولكن للتأني أهميته في جلي الصورة عن حقيقة التواريخ التي ادّعاها نيوتن لاكتشافاته، ففي التحليل الدقيق الذي أجراه العديد من المؤرخين وكتاب سيرته تبين ان العام (1666) قد لا يكون حقيقة هو عام المعجزات بالنسبة (لنيوتن) ولعله كان مبكرا جدا (لنسبة) بعض أهم أفكاره ومنجزاته إليه، وخصوصاً في ضوء الحقيقة المؤكدة حول طبيعة (نيوتن) ورغبته الدائمة وعمله على تسجيل اكتشافاته بتواريخ تسبق إنجازها الحقيقي بسنين... وكلما وجد إلى ذلك سبيلا. وعليه فإن التاريخ الحقيقي المتوقع لنضوج بعض أفكاره الرائدة في علوم الحركة والتي سبق ذكرها لم ليتحقق كاملا قبل عامي (1685–1687) وكان ذلك في الفترة التي بدأ هو فعلا بتأليف كتابه العظيم والمشهور (بالمبادئ – Principia).

ولكن ما ذكرناه آنفا لا يُزعزع من حقيقة اعتكافه خلال فترة انتشار الطاعون وتسخيره لجل وقته لدراسة علوم الرياضيات وروائع الفيزياء، الأمر الذي كان له فضل بداية عملية تخمر وتبلور العديد من أفكاره التي رأت النور لاحقا. ومن الجدير بالذكر بأن عبقرية هذا المبدع كانت قد نضجت ولما يبلغ من عمره الخامسة والعشرين، واستطاع خلال سنتين اكتساح مجالات الرياضيات والبصريات وعلوم الفلك بالعديد من الأفكار والاكتشافات والتطبيقات التي لا يزال، وسيبقى صداها مدويا في أرجاء الكون ما دام هناك بقية من الجنس البشري المتحضر يرفُل بهامش من منطق وبقيةٍ من حكمة. تم اكتشاف مسودة مخطوطة مهمة بعد وفاة نيوتن كان قد كتبها بنفسه وقد كانت معنونة إلى كاتب سيرته الذاتية الصحفي

[بيير دي ميزو Pierre Des Maizeau]، وقد جـاء فيها شرحه المفصل والتتابع التاريخي الذي ارتـآه هو لمجموع إنجازاته التي كان قد حققها في غضون سنوات الطاعون. وكان قد افتتحها بوصف أعمالـه وإنجازاته خلال سنة (1665) والتي ادعى فيها ابتـكاره لحساب التفاضل والتكامل واكتشافه لطـرق تقريب المتواليات الرياضية. تلا ذلك سرده لاكتشافاته في العام الموالي (1666) وفيه توصّل إلى نظرية الألوان، واستفاض في شرح اكتشافه لقانونه في الجذب العام حيث كتب يقول:

((شرعـت في عـام (1666) بالتفكـير الجـدي في دراسـة امتـداد جاذبية كوكـب الأرض وانتشارها في الفضاء وتأثيرها على مدار القمر حولها، ولما كنت قد اهتديت إلى حساب كمية القوة التقديرية التي تمكن الأجسـام من الدوران ضـمن مماس كرة أعظم منها تضمها وذلك بالاعتماد على حسابات كبلر (وبالأخص قانونه الثالث)، فقد استنتجت بأن على القوة التي تستطيع أن تمسك الكواكب في مداراتها لابد وأن تتناسب عكسيا مع مربع المسافة الفاصلة بـين مركزيهما. وقد قمـت بمقارنة القوة اللازمـة لحفظ القمر في مداره مـع القوة التي يمكن للأرض أن تولدها وتفرضـها عليه – بمفهوم القوة الجاذبية – فوجدتهما على وفاق وتساوي لا بأس به أبدا. لقد قمت بدراسـة وإنجاز كل هذه الاكتشـافات خـلال فترة اعتكافي عامي (1665) و (1666) وذلك بسـبب الطاعون. يمكننـي الآن وبكل الفخر والاعتزاز اعتبار تينك السنتين من أخصب سني عمري إنتاجاً وأغزرها شعوراً بالكفاءة والرضا، لافتا انتباهك إلى تفرغي التام خلالهما لحقلي الفلسفة والرياضيات كما لم أتفرغ لهما طوال عمري)).

وبعبارة أوضح فإن تفكير (نيوتن) بالجاذبية الأرضية وإدراك تأثيرها على القمر كان قد نضج بحلـول عام (1666) الأمر الذي دفعه لمقارنتها بالقـوة الطاردة التي يحاول هو بها الإفلات منهـا. وبجمع هذه الأفكار حول القـوة الطاردة المركزية وقانون كبلر الثاني لحركة الكواكب وما حاول هو إثباته حول تأثير القوة الجديدة والتي أسماها (بالجاذبية) على مدار القمر وأراد تعميمها على بقية الأجرام والكواكب... استطاع استنباط قانونه في التربيع العكسي.

لقـد بـرع نيوتن – وكمـا أسلفنا – في حقـول الرياضيات، وإليه يرجـع الفضل اليوم في اكتشـاف (نظرية ذي الحديـن– The Binomial Theorem) وهـي نظرية مهمة جدا

والتي تعطينا نتائج رفع القوى للحدود المجموعة، كما يرجع إليه الفضل كذلك في اكتشاف مـا يعرف اليوم (بمتطابقات نيوتـن – Newton Identities) والتي تعطينا نتائج (جذور متعـددة الحـدود – Roots of a Polynomial) وكذلك اكتشاف طريقة إيجاد الجذور التقريبية للدوال. وفي عـام (1666) استطاع (نيوتن) إيجاد قيمة النسبة الثابتة للدائرة (باي –π) ولست عشرة مرتبة عشرية وذلك باستخدام اثنين وعشرين حدا من المتوالية التالية:

$$\pi = \frac{3\sqrt{3}}{4} + 24\left(\frac{1}{12} - \frac{1}{5\cdot2^5} - \frac{1}{28\cdot2^7} - \frac{1}{72\cdot2^9} - \dots\right)$$

لقد أدلى نيوتن بتعليق ساخر طريف حول هذه المعادلة التقريبية الغريبة حين كتب في عام(1666) يقول: **يتملكني الخجل حقيقة كلما تذكرت أو حاولت إخباركم بالكم الهائل من العمليات الحسابية والأرقام التي كان علي ترتيبها للقيام بحسابات كل تلك الحدود، ولكن عذري هو أني لم أجد ما أملأ به فراغي حينذاك!!.**

وأخـيرا جـاء العام المظفر عام (1687) وهو العام الذي شهـد نشر (نيوتن) لرائعته الخالدة وهو الكتاب المعنـون (Philosophiae Naturalis Principia Mathematica) باللاتينيـة و(The Mathematical Principles of Natural Philosophy) بالإنكليزية (الأسس والمبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية) والذي اختُزل إلى تسميته بـ (كتاب المبادئ) دون الإخلال لا بدقة عنوانه ولا بأهمية محتواه.

ذكـر نيوتـن فيما يخص فترة تأليفه (للمبـادئ) تفاصيل تصرفاته وتحركاتـه وما كان يشعر به (كونهـا كانت بحق أهم فـترة عاشها خلال كامل سني حياته) بأنه كان قد اعتكف لفترة ثمانية عشر شهراً كاملاً عافت نفسه خلالها الطعام والمنام وعانى حالات عصبية وتأملية قاسية وغريبة إلى الدرجـة التي كان يقضي خلالها الساعات الطـوال مسمرا على مكتبه بلا حراك، مستغرقاً بعميـق أفكاره وببعيد تأملاته، حاجزاً نفسه في غرفته لا يبارحها قط. ورغم الحقيقة القائلة بأن باكـورة أفكار (**نيوتن**) وتصوراته حول تصرف الأجسام حـين تحركها وفكرته الوليدة الجديدة حول الجاذبية كانت قد بدأت بحلول عام(1666) إلا إن اكتمال اشتقاقاته الرياضية وتمام كمال نظريتـه العلمية لم تر النور إلا خـلال وبعد انتهاء فترة الأشهر الثمانيـة عشرة المذكورة. ويصف

المؤلفـان (ابرز – Abers) و (كنل –Kennel) في كتابهمـا القييم (حركة المواد) كيف سال يراع (**نيوتن**) وتفجّر علما خلال فترة وجيزة، واستطاع أن يسطِّر الروائع من التعاريف والقوانين والنظريـات وقانونه في الجذب العام وتفسيره لقوانين كبلـر الثلاثة ونظريته للحركة في الفراغ ونظريته في حركة الموائع(والتي تعتبر الأب الشرعي لنظرية الميكانيكا الهوائية والتي تعتمد عليها الطائرات في طيرانها اليوم) ونظرية الأمواج في المياه ودراسته لأمواج البحر والمذنبات، إضافة إلى نظريته التي تُفسر سبب الزيغ البسيط في شكل الأرض عن شكلها الكروي المنتظم المتكامل المفروض وحساباته لمقدار دقة وقت وتاريخ تساوي الليل والنهار (Equinox).

لقد تمكن نيوتن (بمفرده وغير مسلح إلا بصبره وثباته وإصراره) من رَفْعِ راية (العلوم الكمية الحسابيـة) رافضاً استمرار خضوعها للتفاسير النوعية التـي دافع عنها وأصر عليها (ارسطو) وكل مـن جاء بعده، ورافضاً أيضاً مبدأ قبـول الدقة الحسابية وتطبيقاتها في الأحوال الخاصة والمواضـع المثالية كما نادى بذلـك (غاليليو)، كما أكد (نيوتن) وأصـر كذلك على إمكانية استخـدام الأسلوب الرياضي التجريبي والتقريبـي للاستدلال على عظمة الخالق (عز وجل) وبديع صنعه (سبحانه) في كونه وبدرجة عظيمة من الدقة وإن كانت لا توصف بالكمال.

ناقشـ الكتاب الأول من (المبـادئ) حركة الأجسام في الفـراغ، وحركتها عند وقوعها تحت تأثـير كمٍّ مختلفٍ من القـوى. وفي كتابه الثاني تطرق إلى حركة الموائع وحركة مختلف الأجسام في أوسـاط مقاومـة لها، فقد ناقش وعلـى سبيل المثال، كيف يقاوم الهـواء السقوط الحر لأي جسم خلالـه ويُبطئه كفعله في إبطـاء سقوط حر لكرة إذا ما أُلقيت من علـوٍ وهي تتهاوى إلى الأرض، واكتشـف أن قوة المقاومة تلك ستـزداد كلما ازدادت سرعة هبوط ذلـك الجسم بزيادة الارتفاع الذي هوى منه، وفي نقطة معينة على ذلك المسار فإن مقدار مقاومة الهواء ستبلغ من الكبر بحيث أنها ستستطيع معادلة قوة الجاذبية التي تُسلطها الأرض عليه وستتساوى القوتان؛ عندها سيتوقف تعجيل هبوط الجسم ويتوقف هبوطه أي أنه سيطفو في الهواء. ومن التطبيقات البسيطة جدا لهذه الظاهـرة والتي تغيب عادة عن فكر وملاحظة الجميع ونعتبر أنفسنا محظوظين جدا لوجودها، هو منعها لقطيرات المطر الساقطة إلى الأرض ومن على ارتفاعات شاهقة (بضعة كيلومترات) من قرع

وإيـذاء جماجمنا بسرعها الجنونية البالغة بضعـة مئات من الكيلومترات في الساعة بفعل التعجيل الأرضي – رغم صغر كتلها. (ولا داعي للإفاضة في شرح نتائج ذلك لولاها!).

ناقشـ الكتـاب الثالث من (المبادئ) قـوى الجاذبية وشرح فيها كيفية تسليط قـوة الجذب المتبادلة مـن قبل كتلتي جسمين أحدهما على الآخر بغض النظر عن حجميهما. وفي كتابه الثالث هذا امتنع (نيوتـن) امتناعا كاملا عن الدخول في أي تفسيرات لكُنه هذه القوة الجديدة (الجاذبية) التي جاء بها ولا كيفية انتقالها بين الأجسام. وقد وضّح كل من (آبرز وكنل) الأسلوب الذي اتبعه نيوتن كما يلي:

((لقد تمتع نيوتن بملكة حدسٍ غريبةٍ عجيبة، فقد كان (يُخمّن) طريقة عمل قانونه الفيزيائي الذي هو بصدد اكتشافه، وبعد ذلك يختبر حدسه بشأنه تجريبياً ومن ثم يعمد إلى تعميم تفسـيره ليشـمل كل ما له علاقة بتطبيقاته. توقف حدس نيوتن، وعجزت تفسيراته عن طرق باب الحقيقة أو تسـليط أي ضوء على خفاياها. لقد صاغ نيوتن كافة قوانينه بطريقة تمكنها من تأطير المشاهدات الطبيعية وإخضاعها لنظام منطقي شديد التماسك، أي صبِّها في قالب رياضي رصين عصي على التفنيد، دون التطرق لتفسير كنهها)).

ختـم نيوتن (المبـادئ) بجزيل حمد وتبجيل لـذات الإله (تبارك وتعالى وتجلـى في علاه) لأنه اعتبرهـا شهادة صادقة ودليلا لا يرقـى إليه الشك لعظمة الله (سبحانـه) ولروعة وتناسق العلوم، فبقدر ما ساهمت به (المبادئ) في إثبات وتوضيح العلوم فإنها قد قامت بإسناد والدفاع عن الدين.

وضـع (**نيوتـن**) – في رسائلـه الأخيرة – للوزيـر (بنتلي – Bently) تصـوره وتفسيره لما قـاده إلى الإيمـان بوجود خالق بارع بمستوى ذكاء خـارق لا قبل لنا به.. فلقد عَجَبَ (**نيوتن**) كل الإعجـاب واندهش لحقيقة دوران كافة الأجسـام الكبيرة والكواكب في مداراتها حول الشمس ضمـن (ذات المستوى الإهليجي بلا استثناء). وذلك هو المستوى الذي يضم أرضنا أيضـا ويُشكل مدارها حول الشمس ولا يشذ مدار كوكب عن آخر ولا مستوى عن أخيه إلا بدُريجات قوسية قليلة. واستنتج من تلك الحقيقة استحالة تمكن العوامل الطبيعية فقط من إدراك مثـل هذا النسق البديع فضلا على إسباغه على نظام شمسـيّ عظيم كامل برمّته. واستند على تلك الحقيقة وعلى ذلك المعمار للتوصل إلى وجود الخلاق المبدع الرشيد (سبحانه وتعالى).

يؤمن علماؤنا اليوم بأن السبب المادي المباشر لتفسير وجود الشمس وكواكبها على تلك الشاكلة يعود إلى أصل تكون الكتلة الكوكبية عند انفصالها عن الشمس وتشكلها على هيئة القرص المادي الهائل وما تبعه من تماسك أجزاء كل كوكب في مداره ضمن هيكل ذلك القرص الأصلي العظيم، ولا يُفسد هذا التصرف – الأعمق تفسيراً، والأقرب واقعاً ومنطقيةً، لفكرة الخلاق العظيم (تبارك وتعالى) لمجاميع القوى التي شكلت عالمنا كما شكلت بقية الكواكب والمجرات – للإيمان قضية.

اعتقد نيوتن كذلك بأن الله (جل وعلا) هو المسؤول عن إعطاء الكواكب (في دورانها) مقدار إزاحتها الابتدائية أول مرة، وإلا لكانت آيلة للسقوط على سطح الشمس بفعل قوة جذبها الهائلة عليهم جميعا، وإلا فمن كان باستطاعته إعطاءها الدفعة الابتدائية الصحيحة والمحسوبة لتستمر بدورانها الذي لم يحد عن مركز واحد موحد داخل الشمس منذ أوجدت؟؟.

داوم (نيوتن) على النظر إلى السماء وعلى التفكر ببديع صنع موجدها وأدرك نظامها ودقتها واستنتج أن هناك من الدقة والرتابة ما لا يحتمل أيُّ عقل عزوه إلى الطبيعة ذاتها أو إغفال الدلائل والقرائن والبراهين التي تشير إلى يد الله (عز وجل) في إبداعها. لقد جاء في كتابه حول (البصريات) والذي كان قد نشر في عام (1706) ما يلي:

((... أنى للشمس وكواكبها أن تستقر في مواضعها بدون وجود مادة كثيفة ما بينها؟... ما الذي يحول بين النجوم وبين سقوطها الواحدة على الأخرى واصطدام الجميع بالجمع؟... ألا يتوضح لك ومن المُدْرَك الملموس أن هناك كائناً عظيماً أبدياً حياً وعلى درجة من العقلانية والتدبير وهو الواجد السرمد، الذي يستشعر عبر طيات الفضاء وأقطار السماوات بوجود كل موجود بتفصيل وبدقة وهو القادر على استيعابها كلها؟)).

ومن الأفكار التوحيدية التي لازمت (نيوتن) في إحدى مراحل حياته هو إيمانه بأن الكون الذي نعيش فيه وكل ما فيه هو عبارة عن (إرادة إلهية)، أي بمعنى أن كامل موجوداته – بكامل كيانها وحركاتها وتحولاتها – ما هي إلا أفكار الإله (سبحانه) وصنيع إرادته، أي أن الوجود حرفيا ما هو إلا نتيجة لفعل الإرادة الإلهية. ولما كان الإله (تبارك وتعالى) عظيما قادرا جبارا فكذلك كنّ أفكاره، وهكذا انعكسْنَ على وجود السرعة الهائلة التي يتجسدن فيها والنسق الخاطف لتطور أكوانه.

شارك (**نيوتن**) – وبقوة كذلك – في تطوير واستنباط العديد من الأفكار والموضوعات الخاصة بحقول ميكانيكا الموائع؛ فمن اسهاماته المهمة في ذلك استنباطه لحساب التفاضل والتكامل وقوانينه الأساسية في الفيزياء. اقترن اسمه كذلك بإحدى (العلاقات الخطية– Linear Relation) والتي فسرت تصرف القوى المسلطة على بعض أنواع السوائل، فعلى سبيل المثال هناك (سائل نيوتن) والذي يسيل كالماء، ويمتاز هذا السائل بامتلاكه لشدّات فتل (Shear Stresses) تتناسب خطيا مع مقادير الإزاحة العمودية على مستوى الفتل. وبالمفهوم الرياضي للعبارة السابقة فإن:

$$\boxed{\tau = \mu(d\mathbf{v}/dx)}$$

حيث تمثل τ – مقدار الفتل المسلطة من قبل السائل.

و μ – مقدار لزوجته وتعتبر هنا كثابت للتناسب.

و $(d\mathbf{v}/dx)$ – الدالة الموضحة لمنسوب الإزاحة.

وقد يُطلق على القانون السابق اسم (قانون نيوتن في اللزوجة – Newton's Law of Viscosity) والذي كان قد نشره عام (1687). وتعتمد درجة لزوجة (سائل نيوتن) على عاملي حرارته وضغطه ولا تعتمد مطلقا على مقادير القوى المسلطة عليه. ومن ناحية توضيحية أخرى فخير مثال بإمكاننا إدراجه لتمثيل (السائل غير النيوتني) هي اللعبة الشهيرة باسم (سلي بتي– Silly Putty)[1] والتي تمتاز بارتدادها عن الأرض ومرونتها، كما تمتاز بقابلية انكسارها إذا ما سُلطت قوة كافية عليها وبسرعة كبيرة، وبإمكانها السيلان كالسائل أيضاً وتظهر عليها علامات الذوبان والتحول إلى بركة بعد مرور وقت طويل.

والرمال المتحركة مثال آخر من أمثلة المواد التي لا تعتبر (سائلاً نيوتنيا)، فلو حدث لك وأن وجدت نفسك في بؤرة إحداها فتذكر صفات (سائل نيوتن) وتصرف عكس ذلك، فعليك التصرف بهدوء

(1) Silly Putty – وقد تسمى Thinking Putty أو Bouncing Putty أو Putty Putty وهناك أنواع علاجية أخرى منها مثل Power Putty و Thera Putty .– وهي مادة اكتشفت عرضيا أثناء أبحاث الولايات المتحدة خلال الحرب العالمية الثانية لتطوير أنواع جديدة من المطاط، كيميائيا تتألف (سلي بتي) من بوليمرات السلكون ولها صفات خاصة واستعمالات متعددة في العلاج الفيزيائي والتأهيل وقد تستعمل كلعبة للأطفال أو كطريقة لإزالة الإجهاد أو مادة لاصقة لالتقاط الأتربة وبقايا فراء الحيوانات المنزلية، وقد استعملها رواد المركبة الفضائية ابولو للصق معداتهم في حالات انعدام الجاذبية. (المترجم – عن الوكيبيديا).

والتحـرك ببـطء شديد، حينها ستتصرف الرمال كسائل وسيكون لديـك متسعاً من الوقت للتفكير والفرار إن شاء لك المولى ذلك، ولكنك إذا ارتبكت وشرعت بالتحرك السريع العنيف كمن يحاول تخليصـ نفسه من شبك فـإن ما فعلته سيجعل الرمال تتصرف أكثر شبهـا بالمادة الصلبة وستتضاءل فرصك بالنجاة منهـا، وستبتلعُك (إذا كان قـد قدّر لملك الموت أن يتخطّى غيرك إليك).

والآن دعنـا نعود بالزمن إلى المرحلة التي تلت رعب الطاعـون الرهيب مباشرة ونلقي نظرةً أقـرب على السنوات التـي قضاها نيوتن في (كمبردج) بعد عودتـه إليها، حيث امتازت تلك الحقبـة بكونها الفـترة التي شهدت تفتّح وازدهار قابلياته الرياضيـة وبكونها فترة بداية انتشار شهرتـه لتعـم الآفاق، فلقد بدأهـا بتسنمه – وهو بعمـر السادسة والعشريـن لكرسي الأستاذ (لوكازيـن – Lucasian) الشهير للرياضيات في عام (1669). (والجدير بالذكر أن الشاغل الحـالي لذاك المنصب هو عبقري فيزياء القرن الواحد والعشرين (ستفن هاوكنج – Stephen Hawking) والذي عُيّن فيه منذ عام 1980 [1]. استمر ولع (نيوتن) بالبصريات والضوء بالنمو حتى اقتنع بأن الضوء الأبيض لا يمكن أن يكون صافياً بطبيعة واحدة كما وصفه (ارسطو)، وإنما لابد أن يكون خليطا من العديد من الإشعاعات والتي تقابل الألوان العديدة المعروفة.

عارض الفيزيائي الإنكليزي الشهير (روبرت هوك (1635–1702) (Robert Hooke [انظـر تفاصيل إنجازاته وحياته تحت مدخل (قانون المطاوعة لهوك)] آراء نيوتن وسخر منها سخريـة لاذاعة وأمام الملأ، الأمـر الـذي ملأ صـدر (نيوتن) غيظا وغضبا وحنق على (هوك) وكرهه كل الكره وقـرر بناء على ذلك سحب كتابه المرموق والموسوم (بالبصريات) من الطبع والإحجام عن التطرّق لما جاء فيه من آراء ونظريات في المجالس والمنتديات العلمية وصبر إلى ما بعـد وفاة غريمه في عام (1702) كي يطلقه للنشر ويكون له الكلمة الفصل في مواضيع وعلوم الضوء، ولكي يُجنب نفسه أي احتكاك أو نقاش معه.

(1) يعتبر الفيزيائي النظري [ميشيل كرين – Michael Green] الوريث الشرعي لمنصب تسنم هذا (الكرسي) – ومنذ شهر تشرين أول (اكتوبر) من العام المنصرم (2009) خلفاً (لستيفن هوكنك – Stephen Hawking) الذي تقاعد عنه في شهر أيلول (سبتمبر) من ذات العام. (المترجم).

وأخيرا شاءت الأقدار أن يرى كتاب (البصريات) لنيوتن النور حين طُبع في عام (1704). وفيه أسهب بشرح تجاربه وتحاليله بخصوص ألوان الضوء وخصائص استطارته.

لابد من الاستدراك هنا، والإقرار بأن الكتاب الثالث من (المبادئ) لم يكن ليرى النور أبدا. لقد ادّعى (هوك) بقوة وبكامل ثقله العلمي والاجتماعي – ولعله كان في ادعائه بعض الحق – بأن له السبق الطبيعي – بل الحق الكامل لإدراج اسمه أو على الأقل إبداء بعض الذكر والثناء عليـه فيه، لأنه وببساطه كان من بدأ سلسلـة المراسلات التي استمرت طوال عامي 1679 و 1680 والتي أضاءت الدرب أمام اكتشافات (**نيوتن**) حول الجاذبية.

أثارت ملاحظات ومطالبات (**هوك**) حنق (**نيوتن**) وغضبه إلى الدرجة التي هدد فيها بإلغاء، بل وبطمر هذا الكتاب الثالث إلى الأبد!!

ولكنـه تمكـن أخيرا من طباعتـه، ولكن فقط بعـد أن فش غليله كامـلا بالحذف المنهجي والمبرمج لأي ذكر أو لأي عمل أو مشاركة (**لهوك**) فلم يتضمن ولا حتى أي ذكر لاسمه فيه.

لقـد أصرّ (**هوك**) على ملكية جذور فكرة التربيع العكسـي ومبدأ استخدامها في الجاذبية، ولكنـه بنى فكرته تلك على الحدس دون أن يكون لديه القدرة الكافية على استنباط القواعد الرياضية الرصينة التي يؤسس بها لها كما فعل (**نيوتن**).

انتُخـب (**نيوتـن**) في عـام (1672) زميلاً للجمعيـة الملكية، ولكنـه كان انطوائيا لم يمتزج اجتماعيـاً مـع زملائه وكان كثير الكبر شـارد الذهن في أغلب الأحيـان. حاضر (**نيوتن**) في (كمـبردج) خلال السنوات التي قضاها في تأليف (المبادئ) ولكن مهاراته كمحاضر لم تكن أبداً في المستوى المطلوب، وعليه استمر عدد الطلبة الذين يستمعون إليه بالتناقص التدريجي، حتى لكأنّه أضحى يحاضر للجدران. كتب (وليم بكسبي – William Bixby) في مؤلفه (عالم غاليليو ونيوتن) واصفا حالته بقوله:

> **((لقد اعتبره بعض الطلاب التجسيد الشخصي الفريد والعلامة الفارقة المميّزة للأستاذ التائه – شـارد الذهن – فلم يكن (نيوتن) ليعير أدنى اهتمام لملبسه ولا لهندامه، وغالبا ما وقف أمام تلامذته، وهو عنوان لعدم الترتيب وفقدان التناسـق والتشـوش، أما هو**

فلم يكن ليهتم بما حوله أبداً، إلى الدرجة التي إذا لم يحضر درسه أحد فإنه كان على أتم الاستعداد لإلقاء كامل محاضرته والخروج من قاعة الدرس بأتم الرضا والاستحسان الذاتي كما لو كانت قاعته غاصة بالحضور، وهذا هو ما كان يحدث غالباً)).

لقد عانى (**نيوتن**) من العديد من نوبات الانهيار العصبي إلى الحد الذي تقاعد معه إثر إحداها في عام (1693) وتوقف نهائيا عن إجراء بحوثه العلمية. عزا الكثير من معاصريه، وحتى بعض المحدثين الذين اهتموا بدراسة سيرته وتاريخه ما أصابه لما كان يعاقره من مواد كيميائية غريبة وسموم معدنية عجيبة أملتها عليه تجاربه وشغفه بعلوم السحر والخيمياء وما عُرف بعلوم (Chrysopoeia) وهو المصطلح اللاتيني لما يسمى بالعربية علوم البحث عن حجر الفيلسوف القادر باللمس على تحويل كل المعادن والعناصر الخسيسة إلى ذهب. أما الأطباء المحافظون فقد عزوا أعراضه تلك لتشخيصه سريريا بالإصابة بداء الاكتئاب الشديد وأعراض الشخصية المنفصمة.

غادر (**نيوتن**) جامعة كمبردج في عام (1696) وسافر لاستلام أحد المناصب الحكومية في لندن حيث عين كأمين لدار المسكوكات الملكية (Mint). ومن المدهش حقا متابعته وهو يقضي جُلّ أوقاته في تلك الدار بدل استثمارها بالبحوث والاكتشافات كأي عالم مرموق. وبإمكاننا اليوم تخيُّل مقدار ما كان باستطاعة هذا العبقري الغريب الأطوار، فريد الشخصية إضافته لخزين المعرفة الإنسانية لو كان باستطاعته الفَكاك من حالات الكآبة التي كانت تتملكه، والتي لولاها لكان أحسن حالا وأصفى ذهنا وأكثر رغبة في استثمار أوقاته في البحث العلمي.

توصل في مركز الصيرفة وضرب المسكوكات إلى طريقة مبتكرة لمحاربة عمليات وجرائم التزوير والغش في تداولها، فلقد دأب المحتالون على (تقريم) حواف العملات المعدنية وجمع تلك القُصاصات وصهرها لصناعة عملات إضافية. فقام بإسداء النصيحة لدار المسكوكات بضرب بعض النقوش (والقرنصة) على محيطها الخارجي ليتعرف التجار على المسكوكات السليمة ويفرِّقُونها بسهولة عن تلك التي سبق تقريم محيطها. وإذا تفحصت اليوم كل العملات المعدنية وكافة المسكوكات الثمينة حول العالم لوجدتها قد ضُربت بالنقوش والعلامات على

محيطها تماما كما وسبق أن أوصى (**نيوتن**) به آنفاً.

لم يسلم (**نيوتن**) من بعض الأساطير التي حيكت حوله كتلك التي صورته وهو متنكر يتنقل ما بين المواخير وبيوت الدعارة وحيثما يمكنه الاستماع بهدوء لحديث العامة لأجل الإيقاع بالمزورين. ومما يذكر أن مشاهيرهم كانوا كثيراً ما يستجدون (**نيوتن**) كي يهبهم حياتهم قبل شنقهم أو إغراقهم أو إعدامهم بالمقصلة.

أين نحن بل أين الجليل من العلماء اليوم من منزلة (**نيوتن**) وكثرة وضخامة بل ومن عظمة مساهماته في حقول الرياضيات وعبقريته في هذا المجال منذ أن كان يافعا وحتى تقدمه في العمر؟؟

ذكر (آي. بي. كوهين – I. B. Cohen) في مشاركته في (معجم سير العلماء الذاتية) بشأن نيوتن وإنجازاته ما يلي:

((لم نجد أيّ دليل ملموس لأي اشتغال لنيوتن أو اطلاعه على الرياضيات العالية حتى بلوغه الثالثة والعشرين من عمره، حين بدأت عبقريته بالتفتق – وعليه لا ينبغي لأي خلاصة أمينة لتعداد مساهماته في ميادين الرياضيات أن تأخذ بنظر الاعتبار أعماله الأصيلة في مجالات حساب التفاضل والتكامل والمجالات التحليلية الأخرى – بما في ذلك المتواليات المحدودة ومساهماته البينة في وضع نظرية ذي الحدين وكافة تفرعاتها – وحسب، وإنما عليها عدم الإغفال عن عظيم نشاطاته في ميادين الجبر ونظرية الأرقام والهندسة الإقليدية (التقليدية) والهندسة التحليلية ونظريات المختلفات المحدودة (finite differences)[1] والمنحنيات وتصنيفاتها وطرق الحساب والتقريب وحتى نظرية الاحتمالات وتفرعاتها)).

لقد حافظ على ملكته الرياضية حادة نافذة وحتى أواخر أيامه وقد جرى تداول القصة التي كان بطلها الرياضي السويسري [يوهان برنولي (1667–1748) Johann Bernoulli]

(1) Finite Difference – وهي تعابير رياضية من نوع f(x+b)–f(x+a). إذا قُسّمتْ على (b–a)) نحصل على (حاصل قسمة اختلاف)، وتستعمل في حل المسائل التفاضلية وبالأخص مسائل القيم المحيطية (Boundary Value Problems) – (المترجم).!

(**انظر قانون برنولي لميكانيكا الموائع الجزء الثاني**)، في عام (1696) والتي تضمنت مجموعة من المسائل الرياضية المعقدة معدة للامعين من أساطين الرياضيات للتعامل معها ومحاولة حلها خلال القرن القادم. وقد ابتدأ (**برنولي**) تحديه قائلا:

((هنا (يوهان برنولي) وها أنا أتحدث إلى أساطين الرياضيات وأكثرهم عبقرية. أُدركُ – وأنا الرياضي المحنّك – بأن لا شيء يرتقي إلى مستوى النشوة والسعادة التي تُبهج الرجال من مسألة نزيهة، صحيحة تتحدى قابلياتهم الذهنية والرياضية والذين سينعمون بالشهرة وسيرفلون بغار البهجة وحتى آخر لحظة قبل توصلهم لحلها، فإذا ما نجح أحدكم بالوصول إلى الحل الصحيح فسأقوم أنا شخصيا بإعلانه الأهل حقا للجائزة التي قد رصدتها له)).

استلم (**نيوتن**) قائمة المسائل التي توعد بها (برنولي) فطاحل الرياضيين في زمنه، وفي إحدى الأمسيات بعد أن أنهى عمله في دار ضرب المسكوكات اختار عشوائيا إحدى المسائل وحلها قبل خلوده إلى النوم، وفي اليوم التالي دفع بإجابته إلى سكرتير المجمع الملكي وطلب منه إرسالها إلى (برنولي) دون أدنى ذكر لاسمه. حالما فض (برنولي) المظروف الحاوي على الحل، تبسم ضاحكا بحبور فقد تعرف فورا على صاحب الحل وحدس بأنه (**نيوتن**) نفسه وقال: (**أنّى لك أن تُخطئ الأسد وقد رأيت أثر مخلبه؟!**).

نشر (**نيوتن**) قانونه في التبريد في عام (1701) بدون توقيع في إحدى الصحف تحت عنوان (Scala Gradum Caloris) ويعني التبدد التدريجي للحرارة – والذي نص على تناسب معدل فقدان الحرارة من أي جسم مع الفرق بين درجة حرارته ودرجة حرارة محيطه. وركّزت مقالة (نيوتن) التي نشرها في الدورية التي يصدرها المجمع الملكي وهي (الإنجازات الفلسفية للمجمع الملكي (Philosophical Transactions of the Royal Society) على محاولاته لإيجاد نظام معترف به لقياس درجات الحرارة باستعمال المحارير الحاوية على زيت بذر الكتان.

في عام (1703) تم انتخاب (نيوتن) رئيساً للمجمع الملكي، وفي عام (1705) رُفّع إلى مرتبة (فارس). وبالنظر لخلفيته الاجتماعية والتربوية المهزوزة فقد قضى بقية سني حياته في

الشجـار مع (ليبنز – Leibniz) والاستشاطة غضبا كلمـا التقى به أو احتدم بينهما نقاش. أمـا محور كل تلك الثورات الفكرية والحروب الكلامية فقـد كان واحدا على الغالب وهو: **من اكتشـف حساب التفاضـل والتكامل أولا؟؟**. أرجع البعض سرّ غضب نيوتن (ظنا) إلى طبيعته الذاتيـة ونفسيته الانفعالية والتي نمت بذورها منحرفة منذ طفولته المبكرة. عزا (جون فاوفل – John Fauvel) وزمـلاؤه في مقالتهم المنشورة تحت عنوان (ليكن ما يكن فهو نيوتن!) سبب كل ذلك إلى (انفصاله المبكر عن أمه ما بين الثالثة والعاشرة من عمره وهو سن الطفولة الحرجة الأمر الذي طمس شخصيتـه السوية ونما فيه روح وميول الشك والعصاب والرجل المعذّب عندما شب رجلاً).

يرجع فضل ابتكار حساب التفاصل والتكامل إلى كل من(نيوتن وليبنز) في آن، ولكن علينا أن لا نطمســ حقوق العديد من أوائل الرياضيين الذين سبروا غور المفاهيم الرياضية العميقة مــن نوع المعدلات والمناسيب (Rates) والحدود (Limits) ابتداء من قدماء الفراعنة الذين تمكنـوا من ابتكار القوانين التي مكنتهم من حساب أحجـام الأهرامات وتقريب مساحات الدوائر وحتى الرياضيين المحدثين الذين تَلَوْهُم.

وكمـا اشترك كل من (نيوتـن وليبنز) في الشجار والسجال فقد اشـتركا أيضا في حيرتهما بخصوصـ العديد من المسائل المتعلقة بحساب تقسيم ظـلال الزوايا (Tangents) ومعدل مقدار التغير (Rate of Change) وحسابات الأصغر (Minima) والأكبر (Maxima) واللامتناهيات (Infinitesmals) وهي الكميات العددية المتناهية في الصغر والضآلة والتي تقترب كثيرا من الصغر ولكن لا تساويه. لقد أدرك كلا الرجلين وفي وقت مبكر أن (التفاضل – Differentiation) – ويعني إيجاد المماسات للمنحنيات و(التكامل – Integration) – ويعنـي إيجاد مقادير المساحات تحت المنحنيات هما عبارة عن عمليتين متعاكستين. أينعت اكتشافـات نيوتن – وكما سبق ذكره – خلال عامي (1665–1666) حين بدأت اهتماماته الرياضيـة بموضوعه (المجاميع اللامتناهيـة – Infinite Sums) ولكن – ولما عُرف عنه من بـطء شديد وتريث يُعاب عليه في النشر، فقد تأخّر ظهور أعماله بخصوص حساب التفاضل

والتكامـل رسميا حتى عـام (1736) حينما ظهرت الترجمة الإنكليزية لها، علما بأن أعماله المنسوخـة حول ذلك الموضوع كانت قد وجدت طريقها إلى بعض الأفراد منذ عام (1671) وذلك من خلال مقالته الموسومة (Methodis Serierum et Fluxionum).

تبجح (ليبنز) عند نشره لاكتشافه المعروف بحساب التفاضل في عام (1684) والتكامل في عام (1686) عندما صرح بأن (لا ينبغي لنوابغ الرجال أن يفقدوا الساعات الطويلة من وقتهم الثمين – يكدون كالعبيد – لغرض إنجاز الحسابات... عليهم فقط بطريقتي المبتكرة الجديدة التي ستوصلهم إلى ذات النتائج بسرعة وسهولة أعظم وذلك من خلال حساب التحليل دون أدنى حاجـة لإرهاق واستعمال مخيلاتهم). اشتاط (نيوتن) غضبـاً من ذلك التصريح وأبدى غايـة امتعاضه وغضبه لما صـرح به (ليبنز) واستمر النزاع بينهما سنـين طويلة، سجالاً حول أحقيـة أي منهم بذلك السبـق أو حول كيفية تقسيم شرف ذلـك الاكتشاف الرياضي المهم بينهما، واشغلهم سجالهـم ذاك عن التفكير بأي ابتكار أو إنجاز جديد فيه فتأخر تقدمه.

سأنهي هذا الفصل ببعض الملاحظات المهمة حول شخصية (نيوتن) وتحسسه المفرط لأي نوع من الانتقاد وسألخص إنجازاته العلمية بعجالة.

جاء في الطبعة الرابعة من كتاب (دبليو دبليو روز – W.W. Rouse) والمنشور في عام (1908) تحت عنوان – موجز لتاريخ الرياضيات – بخصوص نيوتن ما يلي:

> **((..... وأما بخصـوص تصرفاتـه وهندامه فكان غالبا ما يلبـس الغريب والرث منها وينسـى نفسـه حينما ينشـغل بأي بحث أو يُركز بتفكـيره على أي موضـوع. لم يُتح (نيوتن) لنفسه أي فرصة للمرح وكان مقلا في الحضور إلى... أو المبادرة في أي نشاط اجتماعي، وفي المرات القليلة النادرة التي دعا فيها أصحابه وقرر خلالها التضحية بوقته استجابة لطلباتهم الملحة بلقائه، وحتى لو أرخى لهم العنان للاستغراق في شربهم حتى الثمالـة – وكان ذلك نادرا ما يحدث – فإنك ستـراه واجما جامدا مثلهم وقد انتحى جانبا عن الجماعة وأغرق نفسه في التفكير لحل مسألة ما حتى لتخاله مخمورا مثلهم)).**

عافـت نفس (نيوتن) المرح ولم ير أبدا خارج تأملاتـه، فلقد كانت للرجل إمكانيات خارقة

للعمل ومواصلة التفكير حتى إنه كان يواصل الجلوس على مكتبه لفترات قد تطول لتبلغ الثمان والتسع عشرة ساعة متواصلة ولم يترك لنفسه من اليوم سوى سويعات قليلة للنوم فلم يكن يأبه لا بإطعام نفسه ولا بالاعتناء بمظهره ولا بترتيب ملابسه، فلم يخصص لأي من ذلك وقتاً يذكر.

وباستثناء أبحاثه في (البصريات) فإنك قلما تجد عملا من أعماله وقد وجد طريقه للنشر بدون إلحاح وإصرار شديدين من قبل أصدقائه، ولولاهم لما رأت أكثر مؤلفاته النور، إذ كان شديد العناد غالب المماطلة كثير التسويف بشأن النشر وبدرجة عجيبة ملفتة للنظر حتى إنه قد أصر في أحيان كثيرة على عدم ذكر اسمه على مؤلفاته.

ذكر (جون مينارد كينز – John Maynard Kenes) في مؤلفه المعروف (نيوتن – الرجل) ما يلي:-

((لقد استقر السر في تصرف الرجل وطبيعة تفكيره في قابليته اللامحدودة على التركيز الذاتي وتكوين عالمه الخاص به ولفترات ممتدة ولساعات طويلة جدا. لقد تجسدت ملكته في إمكانياته على الاحتفاظ – وبصورة مستمرة – في ذهنه بتصور كامل عن أية مسألة يحاول حلها ويعمل ذهنه عمله فيها ولا يتخلى عنها إلا وقد فهمها تماما وتمكن من حل كافة التواءاتها. أعتقد بل وأجزم بأن حدس هذا الرجل وذكائه كان من الخصوبة والشمولية بحيث لم يُحْبَ رجل في التاريخ بمثله من قبل. أنا على يقين أنه كان بإمكان نيوتن (حبس) أي مسألة في ذهنه وأعماله عليها واستمرار معالجتها لساعات وأيام بل ولأسابيع داخله ولن يملّكها منه فكاكا إلا بعد أن تكون قد باحت له بكل أسرارها وخفاياها)).

أضاف (ابرز – Abers) و (كنل – Kennel) في مؤلفهما (المادة والحركة) بخصوص الرجل ما يلي:

((لقد حبا الله (نيوتن) الإمكانيات والقابليات الفذة وخلق في رجل واحد إمكانيتي الرياضي المبدع والفيزيائي الملهم، فقد كان من بين الفيزيائيين القلائل الذين تمتعوا بموهبة متساوية في مجالي النظرية والتجريب، إن مجرد اختراعه للمرقاب النجمي العاكس وما تضمنه من مفاصل وميكنة كان جديرا بإدخاله إلى تاريخ علوم الفلك من أوسع أبوابه، وكثيراً ما لاحظ...

وذكر معاصروه إمكانياته العجيبة وحدسه العلمي النادر، فقد كان باستطاعة الرجل التعرف والتأكد من صحة العديد من الأمور والظواهر حتى وإن لم يتمكن من إثباتها)).

يُـدرك المتطلـع على صفحات تاريـخ حياته الأخيرة مـدى العذاب والشقـاء الذي عاناه (نيوتـن) في أواخر أيامه ومقدار الألم الـذي تجرعه جراء حصاة الكلية التي أقضت مضجعه، وأعراضـ احتباس البول الذي نكدت عليه أيامه. لقد أصيب بداء النقرص (Gout) وعانى مـن الالتهابات المزمنـة في الرئة. ومما يذكر عن أواخر أيامه سفـره في اليوم الثامن والعشرين مـن شهر شباط (فبراير) مـن عام (1727) الى لندن ليترأس أحـد اجتماعات المجمع الملكي ولكن صحتـه كانت قد انهارت تماما وأذاقته حصاة كليتـه الأمرين وهو يحملها بين حناياه علـى مضض، حتى امتدت إليه يد المنون وطُويت الصفحة الأخيرة من كتاب حياته في اليوم العشرين من شهـر آذار (مارس) من عام (1727) عن عمر قارب الرابعة والثمانين عاماً وقد قضـى أيامه الأخيرة يصارع المرض ويتجرع الألم مـن حصاة كليته حتى مات. لقد صدرت إرادة ملكية بدفن نيوتن في المقبرة الملكية بلندن وهو شرف لم ينله عالم من قبله أبدا.

خُلّد اسمه بإطلاقه علـى إحدى فوهات القمر وهي بقطر (78 كيلومترا) تكريما له، الاسم الـذي تمـت المصادقة عليـه واعتماده رسميا في عـام (1935) من قبل الجمعيـة العامة لاتحاد الفلكيين العالميين. وإليك فيما يلي قائمة مصغرة لأهم وأشهر أعماله تعقبها ذات القائمة بلغتها الأصلية توخيا للدقة وتسهيلا للحصول على المصادر المعنية للاستزادة من هذا الزاد سبيلاً:

- 1671 – حول أساليب الاشتقاق في حساب التفاضل والتكامل وحساب المتواليات.
- 1672 – كتاب في الجغرافيا العامة.
- 1672–1676 – رسائل في البصريات.
- 1684 – حول حركة الأجرام في مداراتها.
- 1687 – المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية.
- 1704 – كتاب في البصريات.
- 1701–1725 – تقارير مدير دائرة ضرب المسكوكات.

- 1707 – الرياضيات الشاملة.

- 1671, *De methodis serierum et fluxionum* (On the Methods of Series and Fluxions). ("Fluxion" was Newton's term for derivative in the field of calculus.) As mentioned, this work did not officially appear in print until 1736.

- 1672, Newton's edition of *Geographia generalis* (General Geography) by the German geographer Varenius.
- 1672 1676, letters on optics.
- 1684, *De motu corporum in gyrum* (On the motion of bodies in an orbit).
- 1687, *Philosophiae naturalis principia mathematica* (published in Latin in 1687; revised in 1713 and 1726; and translated into English in 1729).
- 1704, *Opticks* (a revised edition appeared in Latin in 1706). Appendices contained discussions of cubic curves, infinite series, and the method of fluxions.
- 1701-1725, *Reports as Master of the Mint.*
- 1707, *Arithmetica universalis.*

وفيما يلي أيضا بعض الأعمال التي وجدت طريقها للنشر بعد وفاته:

- 1728 – تاريخ الممالك القديمة.
- 1728 – نظام الكون.
- 1728 – محاضرات في علم البصريات.
- 1728 – الرياضيات الشاملة – الترجمة الإنكليزية لكتابه الذي نشر باللاتينية تحت نفس العنوان.
- 1733 – ملاحظات حول نبوءات الرسول دانيال وابو كاليبس[1].
- 1754 – دراسة تاريخية معمقة حول اثنين من نصوص التوراة الخاطئة

(1) لاحظ تفسير المصطلحين في حاشية صفحة 247 من هذا الكتاب. (المترجم)

- 1728, *The Chronology of Ancient Kingdoms Amended*
- 1728, *The System of the World*
- 1728, *Optical Lectures*
- 1728, *Universal Arithmetic* (English version of *Arithmetica universalis*)
- 1733, *Observations upon the Prophecies of Daniel and the Apocalypse of St. John*
- 1754, *An Historical Account of Two Notable Corruptions of Scripture*

نال نيوتن من قناطير المديح، والجم الوفير من الإعجاب والتقدير كما لم ينله أحد من قبله – ونادرا ما سيلقاه أحد من بعده. وإليك بعض ما قيل – وعن حق – في إطرائه وتبجيل سجاياه:

• تفخر هذه الجزيرة – ومن بين كل الجزر البريطانية – كونها تشرفت بإنجاب أعظم وأندر عبقري نذر نفسه لرفع المستوى الروحي والفكري للجنس البشري.

– الفيلسوف البريطاني [ديفيد هيوم (1711–1776) David Hume] في كتابه (تاريخ إنكلترا).

• لعل من حقي أن أتساءل: أكان هذا العبقري يأكل؟ أكان يشرب؟ لا أكاد أصدق أنه كان يخلد للنوم كبقية الناس!! ولا يمكنني أن أصدق أو أقبل وصفه بأقل من (عبقري) أو نعته واعتباره إلا كائنا كونيا خارق الذكاء خلق من طينتنا نحن بني البشر!

– الرياضي الفرنسي [غلوم لوبيتال 1704–1661) Guillaume L'Hapital)].

• قد لا نتمكن أبدا من اختصار الصفات والمعايير التي تحلى بها هذا المثال الفذ للعالم المتفاني المثالي والنموذج الحي للعالم بصورته الحديثة... لقد كان تجديديا ضليعاً أقحم نفسه في العديد من المواضيع المتباينة، من فروة (جيسون)[1] الذهبية إلى التناسق الفيثاغوري مرورا بهيكل سليمان (عليه السلام). لقد سعى الناس لطلب

(1) Jason – بطل ميثالوجي أسطوري إغريقي، مثله كمثل (هركليس)، اشتهر ببحثه عن الفروة الذهبية. سافر كثيراً ولاقى الأهوال وعانى كثيراً منها في أسفاره. (المترجم).

نصائحه في شتى المواضيع من طريقته لسك العملات وضربها وملاحقة لصوصها، إلى وصفاته لبلاسم الصداع وأسرار دوائها... لم يكن يملك مختبرا ولا فريقا عاملا يترأسه... ولم يسافر قط خارج حدود بريطانيا الشرقية أبداً.

- باتريشيا فارا (Patricia Fara) في كتابها المعنون (نيوتن - خطه صناعة عبقري) وقد لخصت حقول اهتمام نيوتن والمعارف التي أتقنها مسلطة الضوء على رغبته وحرصه الدائم على البقاء قريبا من داره!!

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Abers, Ernest, and Charles F. Kennel, *Matter in Motion* (Boston, Massachusetts: Allyn & Bacon, 1977).

Arons, Arnold, *Development of Concepts of Physics* (Reading, Massachusetts: Addison-Wesley, 1965).

Ball, W. W. Rouse, *A Short Account of the History of Mathematics*, fourth edition (New York: Dover Publications, 1960).

Bixby, William, *The Universe of Galileo and Newton* (New York: Harper & Row, 1964).

Bryson, Bill, *A Short History of Nearly Everything* (New York: Random House, 2003).

Cohen, I. B., "Newton," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Fara, Patricia, *Newton: The Making of Genius* (New York: Columbia University Press, 2004).

Fauvel, John, Raymond Flood, Michael Shortland, and Robin Wilson, editors, *Let Newton Be!* (New York: Oxford University Press, 1989).

Guillen, Michael, *Five Equations That Changed the World* (New York: Hyperion, 1995).

Harrison, John, *The Library of Isaac Newton* (Cambridge, U.K., Cambridge University Press, 1978).

Jennings, Byron, "On the Nature of Science," July 27, 2006; see xxx.lanl.gov/abs/physics/0607241.

Keynes, John Maynard, "Essays in Biography: Newton, the Man," in *The Collected Writings of John Maynard Keynes*, volume 10 (New York: Macmillan/St. Martin's Press, 1972), 363-364.

Keynes, Milo, "The Personality of Isaac Newton," *Notes and Records of the Royal Society of London*, 49(1): 1-56, January 1995.

Pickover, Clifford, *Time: A Traveler's Guide* (New York: Oxford University Press, 1998).

Storr, Anthony, "Isaac Newton," *British Medical Journal*, 291: 1779-1784, 1985.

Tipler, Paul, *Physics* (New York: Worth Publishers, 1976).

Westfall, Richard, *Never at Rest: A Biography of Isaac Newton* (New York: Cambridge University Press, 1983).

Westfall, Richard, "Newton's Scientific Personality," *Journal of the History of Ideas*, 48(4): 551-570, October/December 1987.

Williams, Dudley, and John Spangler, *Physics for Science and Engineering* (New York: Van Nostrand, 1981).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

لم يكن نيوتن السبّاق لفتح عهد العقل وزمن المنطق وحقب التنوير، ولكنه كان وبحق آخر السحرة العظام وآخر حملة مشاعل المعرفة وأصولها البابلية والسومرية القديمة، وكان بلاشك آخر ذهن عظيم وصاحب آخر عيون نظرت إلى العالم بمثل ما نظرت إليه عيون من شمروا عن سواعدهم وقدحوا أذهانهم لبناء موروثنا الحضاري والفكري والإبداعي ومنذ ما لا يقل عن عشرة آلاف سنة خلت....

– لقد بدا الكون بأكمله لعيني نيوتن وكأنه أحجية عظيمة، بل لغزا كبيرا، وأعتقد أنه بإمكانه فك طلاسمه والاطلاع على حبكته باستخدام الفكر المنطقي المجرد وبالاستناد الى بعض الأدلة التي تركها لنا الخالق (سبحانه وتعالى) وبطريقة تشبه (لعبة صيد الكنز – والتي تدلّ كلّ اشارة أو علامة فيها على معنىً خاص يهديك إلى آخر حتى تصل إلى هدفك). لقد اعتبر نيوتن العالم عبارة عن مجسم أو تصميم عقلاني هائل وضعه الموجد العظيم (تبارك وتعالى) لنا لنتعرف عليه ونستكشفه.

كينز

John Maynard Keynes (Newton، the Man)، The Collected Writings of Tohn May nard Keynes.

مقتطف من كتابه (نيوتن الرجل).

– صيغ قانون نيوتن في الجذب العام بالاستناد إلى حصيلة واسعة من الملاحظات ؛ تضمنت من مُجمل ما تضمنته دراسة مدارات الكواكب في سباحتها ضمن أفلاكها حول الشمس وحساب مقدار تعجيل الأجسام عند اقترابها من جرم الشمس. غالباً ما يعبّر عن قوانين الفيزياء بمعادلات رياضية رشيقة يمكن استخدامُها للتنبوء بكافة الحالات والاحتمالات التي يتضمنها مجالها، وقد أثبتت الحقيقة أن في تعلم علوم الفيزياء وفي محاولة فهم الرياضيات المصاحبة لها في نفس الوقت فائدة جمة للمتعلمين، لأن هذا الأسلوب سيساعدُهم حتماً على تطبيق استخدامهم للرياضيات لحلِّ كافة النماذج والمسائل الفيزيائية كل نموذج أو مسألة فيزيائية معينة وفي ذلك تسهيل رائع للتمكن من الموضوعين.

تبلر

Paul Tipler، Physics

مقتطف من كتابه (الفيزياء).

- لا يمكن اعتبار بعض القوانين قوانينا بالفعل وإنما هي تعاريف فقط،

خذ مثال:

$$\mathbf{F} = \mathrm{d}\mathbf{p}/\mathrm{d}t$$

(وهو قانون نيوتن الثاني في الميكانيك)، فهو ليس قانونا أبدا، ولكنه تعريفاً رياضياً للقوة (ابتكره نيوتن بنفسه).

تعريف القانون الفيزيائي - عن الويكيبيديا.

- لقد ابتكر كل من نيوتن وبطليموس وكوبرنيكوس نماذج علمية تمكّن من التنبؤ بحركة الكواكب بدقة لا بأس بها مطلقا. ولكن هناك اختلافا جوهريا فيما قدمه نيوتن عن سلفيه ؛ ففي حين يدّعي أو يضفي البعض صفة الوصف على نماذج كل من بطليموس وكوبرنيكوس، امتازت نماذج نيوتن بأنها تفسيرية وكمية، ولكني أعتقد (بغية الدقة والعلمية) إن ما جاء به نيوتن هي مرحلة أعلى وأرقى من التجريد، فلقد وظف نيوتن أفكارا كانت أبعد ما تكون عن كونها مجرد مشاهدات.

جيننكز

Byron Jennings، (On the Nature of Science).

مقتطف من كتابه (حول طبيعة العلم).

-آمن كل من (ديسكارتيه – Descaretes) ونيوتن بأن الله (عز وجل) هو الذي خلق قوانين الطبيعة... وبالاستناد إلى هذا المنظور، فإن كافة الأجسام المادية (كالكواكب والنجوم) لابد وأن تتصرف وفق تلك القوانين، وذلك لأنها وببساطة جمادات لا تملك إرادة التحرك أو القرار بنفسها. لقد انحصرت قابلية الإرادة واتخاذ القرارات والتصرف الحر بالله (سبحانه جل وعلا) وببعض الكائنات السامية التي خلقها كالإنسان والملائكة...

ولكن منعطفا مهماً كان قد حدث في القرن الثامن عشر والذي نبعت منه الفكرة العلمانية لنظرية السلطة الإلهية على الكون والتي استبدلت فكرة الإله (سبحانه) كالمحرك الوحيد للكون والموجد الخالص للكل القوي، وابتدأت فكرة (قوى الطبيعة) كمصدر لها.

ألس

Brian Ellis، The Philosophy of Nature، A Guide to the New Essentialism -

مقتطف من كتاب (فلسفة الطبيعة).

– لقد دأب نيوتن على البحث والدراسة والاكتشاف والاختراع ونذر نفسه للعلم والدين والفلسفة والرياضيات وبقية العلوم، لا لشيء وإنما لتحقيق غاية واحدة أثيرة على نفسه لم يكن ليقنع بأقل منها، ألا وهي التعرف على إشارات الإله (عز وجل) (السرية!) ورسائله لخلقه... وفوق وقبل كل ذلك كان لنيوتن رغبة وشغف لا يقاومان لمعرفة تاريخ انتهاء العالم، وعندها أعتقد بقيامة السيد المسيح (عليه السلام) لإنشاء وحكم مملكة الإخاء والمحبة لمدة ألف عام على الأرض – والتي يفترض أن يتبوأ هو فيها – كما اعتقد منصباً قيادياً متميزاً كأحد القديسين وحكماء العالم، وقد تشربته تلك الفكرة إلى الدرجة التي توصل في حساباته بأن الطامة الكبرى (Apocalyps)[1] ستأتي حتما في عام (2060).

سبيرو

George G. Szpiro، The Secret Life of Numbers.

مقتطف من كتابه (الحياة السرية للأرقام).

– لعل نيوتن كان أول من وضع مفهوم وجود سبعة ألوان أساسية في طيف الضوء الأبيض وكان المسؤول عن ابتكاره، وقد كان أيضا عظيم الشغف والاهتمام بالتناسق والإبداع الموسيقي وعليه كان هناك سبع نغمات متميزات في السلم الموسيقي. لقد نجح نيوتن في تقسيم الطيف الضوئي إلى سلالم بعرض متناسق مع نسب الأرقام الصغيرة الكاملة الموجودة فيه.

لونكير

Malcolm Longair، (Light and Colour) in Trevor Lamb and Janine Bourriau's (Colour، Art & Science)

مقتطف من كتابه (الضوء واللون) والمذكور في كتاب (اللون: الفن والعلم).

– يعترف ويقر العلم بأنه لم يتمكن ولحد الآن من معرفة السبب الحقيقي لكيفية تولد الجاذبية رغم

(1) راجع معنى الكلمة على صفحة (247) من هذا الكتاب. (المترجم).

كوننـا علـى وعي تـام بتأثيراتها، وإلى حد هـذا اليوم لا نمتلك بين أيدينا سـوى الرياضـيات كأداة فعالة للاستقصاء وربما نستطيع حسم طبيعتها وإدراجها ضمن خانة القوى ما دون الذرية حالها حال الظاهرة الكهرومغناطيسية.

هوكنبري

John Hockenberry، (What Causes Gravitys) Wired - Magazine، February،2007.

مقتطف من مقاله (ما الذي يسبب الجاذبية؟)

– لقـد احتل نيوتن – وعن جدارة – مركز أعظم عبقريـة خلاقة في تاريخ الفيزياء بلا منازع. لقد بزّ كافة مشـابهيه وتفوق عليهم فكان له كأس السـبق على كل من (اينشتين وماكسويل وبولتزمن وكبس وفينمن) وغيرهم من الفطاحل، حيث لم يمتلك أي منهم قابليات (نيوتن) وإنجازاته في المجالات النظرية والتجريبيـة والرياضـية مجتمعةً. وإذا ما تحقق حلم السـفر عبر الزمن ورغبت السـفر راجعاً إلى القرن السابع عشر وحدث أن قابلت (نيوتن) وتابعت سيرة حياته فإنك ولاشك سوف تقع على إنسان وكأنه مؤدٍ على خشـبة مسرح، غضب على جمهوره وأزعجهم فكالوا له الغيظ والوعيد ولكنه سحرهم بعد ذلك إذ تبين لهم أنه عبارة عن ملاك فريد له في غنائه سحر هاروت وهو يعزف على مزامير داوود.

كروبر

William H. Cropper، Great Physicists.

مقتطف من كتابه (فيزيائيون عظام).

– لم يكن قانون الجاذبية ولا الجاذبية ذاتها موجودان قبل أن يُخلق (اسحاق نيوتن)، وما أعنيه بذلك هو أن منشأ ومربض ومنطلق أي قانون (بما في ذلك قانون الجاذبية) لابد وأن يكون عقل المبدع ذاته لاغير. لا أرى القوانين إلا أشباحا تجسدها عقول الناس لتراها أعينهم وتحس بها جوارحهم لاغير!

برسك

Robert Pirsig، Zen and the Art of Motorcycle Maintenance.

مقتطف من كتاب (زين وفن صيانة الدراجات).

الفصل الثاني

1700 - 1800

• أين يتعين علينا البحث يا تُرى لنجد ونكتشف أسس (الحقيقة) ومبادئها؟؟

يعتقد اينشتين، (ويمثل هذا الاعتقاد إيمانه الراسخ وجوابه القاطع عن الاستفسار السابق) بوجود (الحقيقة) في العالم الذي يُحيط بنا، أما مبادؤها وقوانينها فهي من صناعة الفكر ومن نتاج الذهن ولا وجود لهما إلا فيهما. لقد أصر ودافع عن وجهة النظر القائلة، بأن على (النظريات العظيمة) أن تُفسّر أكبر كمية ممكنة من (الحقائق)، باستعمال أقل عدد ممكن من المبادئ والرموز.

هذا وكلما زادت رشاقة وبساطة نظرية ما وزاد قبولنا بها، كلما ابتعدت (شكلاً) عما تمثله، وزادت قرباً وصدقاً في تعبيرها (رياضياً) عما يحيط بنا من ظواهر وأحداث في كوننا الذي نعيش فيه. وكنتيجة منطقية لأسلوب النقاش السابق، لابد وأن يكون الشكل النهائي لمجمل العلم (وحسب وجهة نظر اينشتين) عبارة عن مبدأ واحد وشامل متماسك، رشيق وبسيط ومُعبِّر، يستطيع أن يُقيّم نفسه بنفسه، كما يُمكنه التعبير عن (كلِّ) الحقيقة بذاته، كما ويمكننا استنتاجها كاملة منه.

كفتر

Amanda Gefter، (Power of the Mind)، New Scientist، 188 (2529)، 54، December 10، 2005.

مقتطف من مقالته المنشورة بعنوان (القدرة الذهنية).

• تنص (نظرية اينشتين العامة في النسبية) على حرية وصحة التعبير عن كافة قوانين الحركة (وهي قوانين الاستمرارية، والفعل ورد الفعل والتعجيل)، ضمن أي نظام تسارُع أو تباطؤ. وبناء على ما سبق فإن في اختيار الأرض كمركز للكون من عدمه تبقى قضية (رغبة في ذلك) أو خاضعة (لسهولة الاستخدام)، وتنتفي من كونها مسألة حق أو باطل، أو صح أو خطأ.... ولكن السؤال المحيّر الباقي هو ما الذي نقصده بالضبط من (رغبتنا في افتراض) هذا النموذج أو ذلك، وما نعنيه (بافتراض سهولة القياس) باستعمال هذه النقطة كمرجع، أو تلك...

جننك

Byron Jenning، (On the Nature of Science)

مقتطف من كتابه (حول طبيعة العلوم).

• ينص (قانون هوف ستدتر – Hofstadter's Law) على أن الوقت (الحقيقي) المستغرق للقيام بأي عمل، أو لأداء أي واجب لابد وأن يكون أطول مما هو متوقع، هذا حتى لو أخذنا هذا القانون ذاته بنظر الاعتبار.

ستدتر

Douglas R. Hofstadter، (Metamagical Themas، Questing for the Essence of Mind and Pattern).

مقتطف من كتابه (مآرب سحرية ، تساؤلات عن ضرورة الفكر والنموذج)

• لايزال الكثيرون مؤمنين بالتصميم والتركيب الرياضي للطبيعة والعالم والكون. قد لا يرون حرجاً في الاعتراف بقصور العديد من أمهات النظريات الرياضية التي وُضعت لتفسير مختلف الظواهر الفيزيائية، ولكنهم مؤمنون بالمقابل بحقيقة السعي الحثيث للعلماء والفيزيائيين، ليس فقط في تطويرها لغرض ضم أكبر عدد من الظواهر تحت مظلتها (وقد نجحوا في ذلك فعلاً...)، وإنما حتى بجعلها أكثر دقة في تصوُّرها وقياساتها لها. وبناء على ما سبق أجد، ويجد الكثيرون معي، أنه كان من البديهي أن يقوم البناء الميكانيكي الحركي الذي ابتدعه (نيوتن) باحتلال الموقع الذي كان قد سبقه إليه النظام الأرسطي (نسبة إلى الفيلسوف ارسطو طاليس). وكان من البديهي أيضاً أن يُخلي (نظام نيوتن) مكانه لمستلزمات ولضروريات (النظرية النسبية لاينشتين) التي فاقته دقة وشمولية. والآن، ألا يقودنا نقاشنا السابق إلى الاستنتاج البديهي بأن هناك شيئاً من (النظام والمنطق) في هذا الكون؟ وإننا نقترب أكثر من إدراك (الحقيقة)؟؟

كلاين

Morris Kline، (Mathematics، The Loss of Certainty)، 1980.

مقتطف من كتابه (الرياضيات وضياع اليقين).

قانــون برنولي لحركــة الموائــع

BERNOULLI'S LAW OF FLUID DYNAMICS

سويسرا 1738

حيث قضى برنولي جل حياته.

الطاقة الكلية لمائع متحرك (وتساوي مجموع ضغطه وطاقتيه الحركية والكامنة) ثابتة.

إن زيادة سرعة جريان أي مائع في أنبوب، لابد وأن تؤدي إلى انخفاض ضغطه.

محاور ذوات علاقة:

قانون برنولي – يولر – (BERNOULLI – EULER LAW).

من أحداث عام 1738:

– اختـرع الساعاتي الألماني (فرانزكـترر– Franz Ketterer) الساعة الدقاقة (بصوت الديك – كوكو كلوك).

– ولد الفيزياني الفرنسي (جوزيف كيولوتن– Joseph Guillotin) مخترع (الكيولوتن) وهـي آلة المقصلة التـي عُرفت باسمه، ولما أصـرت الحكومة الفرنسية على إقـران اسم الآلة الجديدة باسم مخترعها قررت العائلة تغيير اسمها إلى الأبد.

نص القانون وشرحه:

تتزامن زيادة إزاحة المائع المحصـــور دائماً مع انخفاض ضـغطــه، فــإذا ما تخيلنــا أنبوباً ينقل المـــاء من خـزان أعلـى مرتفع إلـى آخر أسفلـه، فلابـد أن نفكـر بوجود بعض التباين فـي ضغـــط مختلف نقــاط السائل الهابـط داخله. استطاع [دانيــال برنولي (1742 – 1700) Daniel Bernoulli] اكتشاف القانون الذي يربط سرعة تدفق سائل معين في أنبوب ما بضغطه وارتفاعه، بحيث صار يُكتب القانون المعروف باسمـه في الوقت الحاضر كما يلي:

$$\frac{v^2}{2} + gz + \frac{p}{\rho} = C,$$

حيث يمثل (v) مقدار إزاحة السائل، و (g) مقدار التعجيل الأرضي، و (z) ارتفاع أي نقطة من نقاط السائل المراد قياسها، و(p) ضغطها، و(ρ) كثافة السائل و (c) ثابت. لقد توصل علماء السوائل قبل **(برنولي)** إلى فهم حقيقة تحول جزء من طاقة أي مائع أو أي جسم متحرك نحو الأعلى إلى طاقة كامنة فيه يفقدها حين الهبوط، كما أدرك هو **(برنولي)** بطريقة مماثلة أن طاقة السائل الحركية يمكن أن تترجم إلى ضغط.

يفترض التطبيق المثالي لـ **(قانون برنولي)** مائعاً مثالياً لا يتغير حجمه باختلاف الضغط المسلط عليه ويسير انسيابيا بتيار خال من الدوامات خلال أنبوب مغلق بإحكام، ولكن بالنظر لحيود كافة الموائع الطبيعية (بدرجة أو بأخرى) عن صفات المائع المثالي... فلابد لنا أن نتوقع نتائج تقريبية عند تطبيق هذا القانون عليها. ومن صفات المائع المثالي الأخرى هي استحالة انضغاطه وخلوه من اللزوجة (أي انعدام الاحتكاك بين جزيئاته)، وباستحالة الحصول واقعيا على المائع المثالي فغالبا ما نستبعد الحصول على النتائج المثالية من تطبيق القانون السابق. ومع ذلك وعلى وجه العموم يعتبر دقيقاً جداً في حساب حركة أجزاء المائع المنسابة أو المتدفقة بعيدةً عن أسطح الأنابيب والحاويات الداخلية الناقلة له والتي قد تسبب احتكاكا بتماسها مع جزيئات المائع القريبة منها، كما بالإمكان الاعتماد على تطبيقاته في الغازات والسوائل الرقيقة القابلة للانضغاط وعلى الموائع المتحركة بتأثير الضغط المسلط عليها (حيث يختلف تصرفها باختلاف كثافتها). وفي مثل هذه الحالات لابد من إضافة عامل زيادة الطاقة الداخلية لكل وحدة كتلة إلى يسار المعادلة.

يمثل النص الأصلي **(لقانون برنولي)** تطبيقاً ضمنياً إضافياً له، بمعنى تركيزه على انخفاض ضغط سائل عند زيادة إزاحته، ولذلك تأثير شائع تنبأ به (برنولي) وهو إمكان ملاحظة (انشفاط) الستارة البلاستيكية الخفيفة لحمام صغير حال شروع الماء بالانصباب من (دوش الرأس). وتفسير ذلك هو الزيادة الملحوظة في سرعة الماء الهاطل من مصدره وزيادة سرعة حركة الهواء المصاحب له الأمر الذي يخفض ضغطه فيه، فتندفع ستارة الحمام الخفيفة إلى داخله بسبب فرق ضغط الهواء المسلط على جهتيها. وهناك العديد من التطبيقات العملية لهذا

القانون كمجــالات تصميم الطائرات واختبار أجنحتها وأجسامها في الأنفاق الهوائية وفي تصميم وتحسين وتحوير الأجنحة وريش المحركات النفاثة وزعانف القيادة الخلفية التي تزيد من استقرار الطائرات أفقيا في الهواء، وفي دراسة أشكال وأوضاع زعانف الأسماك الجانبية وأثرهــا علــى اندفاعها إلى الأمام واستقرارها عموديا في المــاء. كما يستخدم هذا القانون في دراســة تصرف الدوامات الهوائية عند تصميم ريش محركات وأجنحة الطائرات الفوقصوتية وأجهــزة حساب سرعتها وسرع اندفاع غازات الاحــتراق من عوادمها وهو العلم المعروف بفيزياء (الايروداينامكس).

يعتبــر اختراع حنجــرة فنتــوري (Vonturi Throat) واحــدا مــن التطبيقــات المهمــة لقانـــون برنولــي والتــي اكتسبــت اسمهــا من اسم [(جيوفــاني باتستا فنتوري Giovanni Battista Venturi 1746) -(1822] وهــو فيزيائــي إيطــالي اكتشف التأثــير المعروف باسمه) والمستخدم في عدة تطبيقات... وتعتبر مبخرة الوقود في السيارات (Carburator) إحداها. ففــي داخلها جزء متضيق (ينخفض ضغط الهواء داخله حسب (القانــون السابق) متصــل بأنبوب... أحد طرفيــه في خزان الوقود والآخــر يتصل بأنبوب سحــب الهــواء إلى الماكينة، يعمل على امتصاص الوقود من الخــزان وتبخيره، ويجعل مزجه مــع الهواء داخل المبخــرة (Carburator) ودفعه إلى داخل أسطوانات المحرك ممكنا. كما يُطلــق اسم هــذا العالم كذلك على أي أنبوب أقل قطرا يوضع متصــلا بأنابيب نقل السوائل، فبقياس مقدار ارتفــاع السائل في هذا الأنبوب المركب عموديــا على مساره يمكن حساب إزاحة السائل المار خلال الأنبوب الأصلي وقياس ضغطه وبالتالي يمكن حساب حجم السائل المنقول من وإلى مصدر معين بالاستناد إلى (قانون برنولي) الذي ينص على **انخفاض ضغط أي سائل وارتفاع سرعته عند مروره بجزء متضيق على مسار الأنبوب الناقل.**

ولعــل خير تطبيق منزلي لتأثــير (فنتوري) هو بمحاولة كبس فُوهــة خرطوم مياه ليّن لسقي الأزهــار الأمــر الذي يزيد من بعد المسافة المروية، فلو تمكنا من تسليط الضغط المناسب عليها لأمكن ملاحظة استمرار تماسك شفتيها حتى بعد إزالة ضغط الأصبع عنها. تُفسّر هذه الظاهرة

استنادا إلى حقيقة انخفاض ضغط السائل داخل الخرطوم المضغوط نتيجة لزيادة سرعته فإذا ما بلغت السرعة حدا معينا فإن الضغط داخله سينخفض إلى الدرجة التي سيحافظ معها على استمرار انسداد فوهته.

ولنا أن نتذكر (كلما ارتفعت بنا الطائرة) أن زيادة سرعة الهواء أعلى جناحها المحدب وانخفاض ضغطه، نسبةً إلى بطء حركته تحته وارتفاع ضغطه هو ما يعمل على رفع الجناح إلى الأعلى فتطير. أما رفع زعانف الجناح إلى الأعلى فيخفف من سرعة الهواء أعلاه فيرتفع ضغطه نسبة إلى ضغط الهواء أسفل منه فتهبط.

للفضوليين فقط:

• عصى كل من الأب (جوهان برنولي) والابن (دانيال برنولي) أوامر والديهما الصارمة بترك كل ما يتعلق بالرياضيات وبحوثها وترفها ورفضا استبدالها بمهنة عملية مرموقة أخرى ومستقبل مضمون.

• خاض خيال (برنولي) وتعملق طموحه فكتب عن كل ما تاقت إليه نفسه وخامر فكره حتى أسهب في إحدى مقالاته في حساب المعادلات اللازمة لاستنباط العلاقة الرياضية بين سرعة اندفاع سفينة في عباب بحر وعدد جذافيها.

• نشر في عام (1738) مقالته الموسومة: (إماطة اللثام عما جد في نظرية حساب المخاطرة)، ناقش فيها حساب احتمالات المخاطرة المالية وعلاقتها بمقدار السعادة والقناعة الناتجة عن اقتناء سلعة ما... أو خدمة معينة.

أقوال مأثورة:

- يمكنك اعتبار الكون مكونا من مجموعة ظواهر، والظاهرة هي أساس المعرفة، والأخيرة هذه هي تربة نمو الفلسفة وازدهارها. ولكني على يقين أنه لا فائدة من كل ذلك بلا رياضي

يتقن صياغة ما سبق على الورق.

Daniel Bernoulli، Letter to John Bernoulli III

(من رسالة لدانيال برنولي إلى جون برنولي الثالث) في 7 يناير- كانون ثان - 1763.

– تجـري مياه الجـداول الصغيرة إلى الغدران التي تصب بدورهـا في النهيرات التي تُغذي مجاري الانهار، وهـذه الأخيـرة هـي التي تنشئ الخلجان التـي تصبُّ في البحار.... وكذلك إسهامـات العلوم والتقنية.... تبدأ صغيرة دقيقة بجهـود فردية، تتظافر وتستحكم حلقاتها حتى تؤكدها التجارب فتصبح أهلا لأن تصبَّ في بحر العلم العظيم. وإذا ما اعتبرنا موضوع (ميكانيـكا الموائـع) بحراً عظيماً زاخـراً بالعلم وبالتجارب فلابد لنـا أن نعترف بإسهامات (برنولي) الفذة فيه والاعتراف بفضله عليه، فهو صاحب أول سفر في هذا الاختصاص.

ج. أ. توكاتي

G.A. Tokaty، (History and Philosophy of Fluid Machanics).

(ج. أ. توكاتي - من كتاب (تاريخ وفلسفة حركة الموائع).

– ينتمـي (دانيال برنولي) إلى عائلة علميـة عريقـة قدمـت ما لا يقـل عن ثمانية من أبدع الرياضيـين خـلال ثلاثـة أجيال. يوصـف ثلاثـــة منهـم [جيمس الأول (1705 1754–) James I –] و [جـون الأول (1748 – 1667) John I] وصاحبنـا (دانيـال) بالألمعية الرياضية، من الطراز الأول على أقل تقدير.

س. ل. زابل

S. L. Zabell، in John Eatwell et all's (Utitity and Probability)

(س. ل. زابل - في كتاب (الاحتمالية والاستخدام - لجون اتول وآخرين).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

[دانيـال يوهان برنـولي (1782 – 1700) Daniel Johaun Bernoulli]: طبيب ورياضي وفيزيائي سويسري ولد بألمانيا واشتهر بتنوع اهتماماته واشتغاله في مختلف مجالات

الرياضيات وميكانيك الموائع وأنظمة التذبذب ونظرية الاحتمالات والإحصاء.

لا بد من اعتبار شخصيتنا لهذا الفصل من أكثر الشخصيات العلمية موهبة وأشملها تحصيلا واطلاعا، فهو سليل عائلة سويسرية عريقة برعت بإنجاب المتميزين في حقول الرياضيات، فلم يقصـر (دانيال) أبحاثه على دراسة الموائع، وإنما تشعبت اهتماماته لتشمل الرياضيات وعلوم الأحياء والفيزياء والفلك.

ولعـل في سيرة حياة والده [يوهـان برنـولي (1848 – 1667) – Johann Bernoulli] من الأهميـة والفائدة ما يثري الحديـث عنه شخصياً. كان (يوهان) هذا رياضيـاً لامعا، وكأن دماغه قد اعتصـر خلاصة عقـول هذه العائلة الفـذة واختزنهـا. عمـل ببراعـة مع أخيـه [يعقوب برنولي (1705 – 1654) –Jacob Bernoulli)] علـى سـبر غـور الرياضيـات وتطويـر علم الهندسة التحليليـة وحسـاب التفاضل. بـرع الأخوان بعملهما وشغفـا به حتى باءت كافـة جهود والدهما لإرشادهمـا (بـل ولإجبارهما) على تبني الأعمال التجارية مهنـة لكسب لقمة العيش بالفشل. ظل (يوهـان) متمسـكا بهدفه في الحياة، وقرر تبني المنحى الأكاديمي والاستمـرار في دراسة الرياضيات والإبداع فيها.

تجـري الرياح بما لا تشتهـي السفن ؛ راوغ القـدر (يوهان) وأعد له حبائلـه وخبأ له ما لم يتوقعه، الأمر الذي أثار جم غضبه ونقمته، إذ سرعان ما أغمد أخوه (يعقوب) خنجر الخيانة في ظهره مما دفعه إلى الانفصال عنه ناقماً شامتاً على ما لم يكن في الحسبان.

كان (يعقـوب) هذا كثـير الحسد لأخيه ولم يكن يطيق علاقته الطيبـة بالعالم (لينز) وخشي أن يتفـوق أخيه الأصغر (يوهان) عليه ويبزه في موضوع الرياضيات، فعمل كل ما في وسعه لإطفاء جذوة العبقرية عنده ووضع العصي في دواليبه. لقد بلغ الكره والحسد (بيعقوب) في عام (1695) أن راود أساتذة وعمداء جامعة (بال) السويسرية وأغراهم، بل وعمل المستحيل لحثهـم على رفض طلب أخيه يوهـان للانضمام إلى هيأتها الأكاديميـة، حتى فت عضد هذا الأخير بأخيه وصدم من عمله ويأس من إصلاحه.

ومـن سخرية القـدر أن تُورّث عبقريـة الرياضيات مع ضغينة الحسـد والكراهية إلى الجيل

التالي مـن (عائلة برنولي). ولد (دانيال) في مدينة (كرونجين -Groningen) في هولندا، وتربـع والده على كرسي الأستاذية في الرياضيـات في جامعتها ولما يبلغ هو عامه الخامس. لم يَطِـبْ المقـام للعائلة في (هولندا) حتى عادت أدراجها للعيش في وطنها الأم في مدينة (بال) السويسريـة. نضجت بذرة الخلاف والعصيـان بين الوالد وابنه وقـوتْ أشواكُها، وطرحت علقمَها في وقت مبكر، فكما جاهد والد يوهان (جد دانيال) على محاربة ولده وثني عزمه عن متابعة ولعه في دراسة الرياضيات وإرغامه إلى الاتجاه إلى الأعمال التجارية، جاء دور (يوهان) الوالـد ليلعب دور والده ويبذل ما بوسعـه لثني عزم ولده (دانيال) عن متابعة شغفه في دراسة الرياضيات والاستمتاع بها. وكأن التاريخ يعيد نفسه؛ ساق الوالد أعذار الجد بأن لا مستقبل للرياضيات كمصدر رزق كريم، ولا مناص من الاشتغال بالتجارة لكسب لقمة عيش هنية!

لم يدخـر (يوهـان) الأب جهداً في سبيل حرمان ولده (دانيال) من التعليم فحسب وإنما اختط له (دون رضاه) مستقبله وبذل ما في وسعه لتزويجه ضد إرادته. كاد القدر أن يقضي على مستقبل هذا الرياضي الألمعي (دانيال) لولا ما منحه إياه بالمقابل من خصلة عناد يكاد لا يفت عضدها الصخر.

سـرد المؤلف (ميشال كولين - Michael Guillen) يصف هذه الحقبة من حياة دانيال في كتابه الرائع: (خمس معادلات غيرن وجه العالم) قائـلاً:

((قرر دانيـال - ومن دون ســابق إنذار - التصـدي الحازم لكل خطط والده لاختيار وتقرير مستقبله العملي والاجتماعي، فمع الوالد المُصِرّ لن يفيد الفرُّ فقرر الكَرّ. شرعت طبول حرب الأب وابنه تقرع وقتما بلغ السيل الزبى، وحين أيقن (دانيال) أن سعي والده في تنفيذ خططه لم يكن ليُثني، فقد كان الوالد - وكأنه الوسيط الإلهي المكلف بتنفيذ قدر ولده وسوقه لمصيره المحتوم - قد أعد العدة كاملة لتدمير ابنه ومسـتقبله فعمد إلى تسـجيله في مدرسة للتجارة، وخطب له إحدى الصـديقات، وأكمل المراسيم لتزويجه خلاف رغبته. أضف إلى كل ذلك حربه المستعرة بلاهوادة لكل ما يمت لحب الفتى واهتمامه وشغفه العميم بالرياضيـات وسعيه الدؤوب لدراستها بصـلة، وواظب على معاملة نجله تلك المعاملة المشينة لسنين عدة)).

طفح كيل الفتى، فجابه والده بالعصيان، ورفض كل ما أعده له من برامج، وتوسل إليه أن

يمنحـه موافقته لإكمال دراسته في الرياضيات، مكمـن شغفه وينبوع اهتمامه، واستمر على هـذه الحـال حتى توصل الطرفان وبعد سجـال طويل مرير لم تذق العائلـة على ناره لا طعم الراحـة ولا حلو الهناء، إلى اتفاق مؤداه أن يتوقف الوالد عن عناده في إخضاع ولده لدراسة التجـارة واتخاذها مهنة للمستقبل مقابـل أن ينقاد الولد لرغبة أبيـه ويشرع بدراسة الطب. ولكـن هيهات أن يعود الماء المسكوب إلى كأسه فقد ظـل الوالد العنيد متعلقا بأمل ثني ولده عن شغفه بالرياضيات رغم اتفاق الشرف بينهما. ظلت سماء العلاقة بينهما مكفهرة وغيوم الغيض ملبدة حتى كان للزمن أثره في دمل جراح الخلاف بينهما، فبعد انصياع الولد لرغبة أبيه وشروعه في دراسة الطب، لان عود الوالد، وفتر عناده فاقترح أن يتولى بنفسه تدريس ابنه الرياضيات وأسرارها مقابل مواظبة الولد على دراسة الطب وسبر أغوارها.

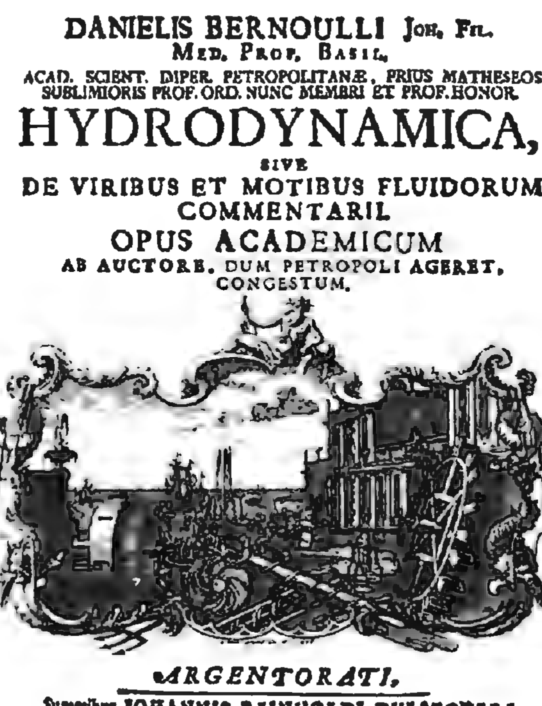
مرت الأيام، ودارت عجلة الزمن، وصلب عود الفتى دانيال في مسقط رأسه (مدينة بال السويسرية)، وصار يبذل جهدا استثنائيا للاستزادة من دراسة الفلسفة والمنطق وإدامة ولعه بالرياضيات حتى كُتب لـه التوفيق فنـال درجتي الماجستير (عـام 1716) والدكتوراه (عـام 1721) في الطب، وقد كانت أطروحتـه حـول ميكانيكية التنفس في الإنسان مزيجا فذاً، واعتـبرت سفرا ذكيا سطعت من خلاله موهبتيه في الطب والرياضيات. لم يتوقف طموحه، ولم يفتر إصراره، فانكب على دراسة الرياضيات، ونشـر العديد من بحوثها، حتى ذاع صيته وانتشر فبلغ أصقاع روسيا بل وعبر. لقد سبقته شهرته إلى هنـاك حتى تقدمـت اكاديمية سانت بطرسبرك (القديس بطرس) عـام (1724) بطلب استضافته إلى روسيا، وتوجت دعوته برغبة شخصية من (كاترين الأولى)، أمبراطورة روسيا لاستضافته.

تعـد السنـون الثمان التـي قضاهـا (دانيـال) فـي روسيـا في أكاديمية سنت بطرسبرك (1733 – 1725) محاطـا بكنف الأمبراطـورة، من أينع سني حياته إبداعـا وإنتاجا فقد نشر خلالها أفخر أعماله حول حركة الموائع والتذبذب ونظريات الاحتمالات.

حنّ الأب العنـيد فـي أواخـر أيامـه، ونـدم علـى سـوء معاملتـه لولده، فكتب إليه يرجوه الغفران، ويلتمسه استضافة الرياضي السويسري [ليونارد يولر (1783 – 1707) – Leonhard Euler] عنده في روسيا ليساعده في عمله. تبنى (دانيال) رغبة أبيه وصادق

(يولر) واطمأن له وعملا معا حتى أثبتت الأيام أنها لم تنجب رياضيا لامعا متنورا أكثر عبقرية من (يولر) هذا فتوطدت عرى الصداقة بينهما.

تململت بذور الشر ولاحت لعناتها التي تمكنت فعلا من تقمص هذه العائلة الفذة وأفرادها، فصبّت وسقت كأس علقمها هذه المرة (لدانيال) الابن على يد (يوهان) الأب الحنون و(يولر) الصديق الوفي. أنهى (دانيال) عمله الفذ الموسوم (الهيدروديناميكا) قبيل عام (1734)، ولكن لسبب أو لآخر تأجل نشره حتى عام (1738). ناقش الكتاب وبإسهاب العلاقة بين إزاحة السوائل والضغط المسلط عليها، ووضح (دانيال) فيه قانونه الشهير الذي ينص على **العلاقة العكسية بين ضغط سائل ومقدار إزاحته**. ومن المنصف القول بأن مصطلح (الهيدروداينامكس – Hydrodynamics)) ويعني فرع الفيزياء المختص بحركة الموائع كان قد استُلهم من عنوان عمل (دانيال الابن) المنشور في كتابه والذي صدر بنفس الاسم تقريباً (الهيدروديناميكا – Hydrodynamica). التهب صدر الأب غيظا وحسداً على


DANIELIS BERNOULLI Joh. Fil.
Med. Prof. Basil.
ACAD. SCIENT. IMPER. PETROPOLITANÆ, PRIUS MATHESEOS SUBLIMIORIS PROF. ORD. NUNC MEMBRI ET PROF. HONOR.
HYDRODYNAMICA,
SIVE
DE VIRIBUS ET MOTIBUS FLUIDORUM COMMENTARII.
OPUS ACADEMICUM
AB AUCTORE, DUM PETROPOLI AGERET, CONGESTUM.

ARGENTORATI,
Sumptibus JOHANNIS REINHOLDI DULSECKERI,
Anno M D CC XXXVIII.
Typis Joh. Henr. Deckeri, Typographi Basiliensis.

الصفحة الأولى من الفصل الأول من كتاب دانيال برنولي، المعنون (الهيدروديناميكا والمنشور في عام (1738).

إثـر النجـاح الذي أحرزه كتاب ولده آنف الذكر، فعمـد إلى نشر كتاب باسمه هو تحت عنوانـه (الهايدروليكا – Hydraulica) والذي حرف تاريخ طباعته إلى عام (1732) ليظهـر وكأنه نشر قبل كتاب ابنـه (الهيدروديناميكا). وإمعانـا في الكيد والضغينة عمد الأب إلى (الصديـق الـوفي) الـذي سبـق أن أرسله والتمسـ ولـده لاستضافته عنده في روسيا لمساعدته، وأقنعه بكتابة المقدمـة لكتابه هو (الهيدروليكا) حبكا للمكيدة. صدّر (ليونارد يولر) كتاب الوالد بديباجة بديعة وقدم له بالمقدمة التالية: **(لقد هالتني وأدهشـتني انسـيابية ودقة تطابق تجاربي المعملية مع توقعاتك النظرية وقوانينك الفذة. هذه التوقعات والقوانين التي أماطت وبلا أدنى شـك اللثام عن العويص والدقيق من معضـلات هذا العلم... ولذلك اسمح لي أن أتنبأ بأن يتصـدر اسـمكم الموقر لائحة الخالدين من العلماء الأفذاذ على مر العصـور من الآن وإلى الأبد).**

ظلت نار الأسى والأسف تأكل في قلب (دانيال الابن)، تضرمها كلما خبت خيانة صديقه له وحقد والده عليه. لم يتمكن أبدا من إثبات الجرم عليهما إلا أن شكه بأبيه وبصديقه لازماه ما دام حياً حتى كتب بمرارة يقول: **(أما بشـأن الهيدروديناميكا والتي صـببت فيها عصـارة ذهني ورحيـق عمـري، فهي ابنة أفكاري البارة، وثمرة تجاربي الخالصـة والتي لا صـلة لأبـي مطلقاً بها، ولا علاقة لها به، فهو لم يساهم لا بدراستها ولا بتطويرها ولا حتى بوضع كلمة واحدة منها، ولكن في غفلة من الزمن اسـتطاع هذا الوالد الحقود الجشـع أن يسلبني في ساعة بغيظة واحدة عرق وثمرة جهد عشر سنوات كاملات من العمل والبحث المضنيين).**

كشـر حقـد الوالد عن أنيابه مرارا ليس آخرها حادثة تصويـت علماء الأكاديمية الباريسية للعلـوم في عام (1735) بمنح جائزتها للعلـوم مناصفة بين الاثنين لعملهما المشترك في قياس مـدارات الكواكـب، عمى الحسد قلب الوالد الذي ادعـى أن لا حق لولده بنصف الجائزة، ولابـد أن تكون بكاملها من نصيبه هو وحده، وازداد حنقه حتى عمد إلى طرد ابنه من داره إلى غير رجعة.

جاء في حوليـات تاريخ الرياضيات المنسوبة (لماك تيوتر – Mac Tutor) ما كتبه (جون

جـي اوكـنر- John J. O. Connor) و(ادمونـد ف. روبرتس - Edmond F. Robertson) تحت مدخل (عائلة برنولي) ما يلي: كان غضب الوالد على ولده، ونقمته منـه مستعراً على الدوام، يذكيه كلما خبا عدم قدرة الولـد على استيعاب حقيقة عدم مجاراة والده له. الأمر الذي أدى إلى انفراط عقد العائلة بين الاثنين.

حرم الأب ابنـه مـن دخـول منزله فعاد الابن خائبا إلى مدينة (بال) مسقط رأسه. لا يمكننا الجـزم بالسبب الحقيقي لخفوت اهتمام (دانيال) بالرياضيات وانطفاء جذوة ولعه بدراستها. أكان نتيجـة لحقـد الوالد ومحاربته إياه؟؟ أم أن منصبه الجامعـي – كطبيب – جرفه بعيدا عن جوهر الرياضيات وممارساتها؟ ولكن على كل حال ما يمكننا الجزم به هو أن ربيع الرياضيات السعيـد وشذى أزهاره التي أينعـت أول مرة خلال وجوده في (سانت بطرسبرك) في ضيافة أمبراطورة روسيا لم ير النور في حياته ثانية.

تمكـن (دانيال) خـلال فترة مكوثه في روسيا من اختراع الطريقـة المثلى لقياس ضغط سائـل ما أثناء مروره في أنبوب وذلك بإدخال أنبوب زجاجي دقيق خلال فتحة صغيرة في الأنبـوب الناقل. وبعد العديد من التجارب والحسابات توصل إلى حقيقة أن ارتفاع السائـل في الأنبوب الدقيـق المثبت عموديا علـى الأنبوب الناقل الأصلـي يتناسب مع ضغـط السائـل المنقـول داخلـه. وهنـا دعتـه عبقريتـه إلـى التصميم على ابتكار طريقـة لقيـاس ضغـط الدم البشري داخل الشرايـين، واستشار صديقـه (كرستيان كولدباخ – Christian Goldbach) حـول الموضوع وأكد له أنـه تمكن بالفعل من اكتشاف طريقة فعالة لقياس ضغط الماء في الأنابيب الأمر الذي سيمكنه من ابتكار تصميم جديد لشبـكات توزيع الميـاه. أما مـا يستحق العجب في هـذا الاكتشاف – أضـاف دانيال موضحاً لصديقه – هو (أني على وشك المثول أمام فتح مبين في مجال فيزيولوجيا الجسم البشـري وهو ما يهمنـي الآن). وقد تم له ما أراد حين هدت عبقرية (دانيال) أطباء أوربا إلى طريقـة قياس ضغط دم مرضاهم بإدخال طرف أنبوب زجاجي حاد إلى أحد شرايين الجسـم ومن ثم ملاحظة ارتفاع مستوى الدم داخله، يا لها من فكرة لامعة عبقرية فذّة،

ويا لها من طريقة قياس مؤلمة موجعة فجّة!.

من أروع منشورات (برنولي) حول نظرية الاحتمالات مقالته الخالدة المنشورة عام 1738)) وهي ما تعرف اليوم بـ(متناقضة سنت بطرسبرك – St. Petersburg Paradox)، والموضوع عبارة عن أحجية بسيطة تدور حول رمي قطعة نقود معدنية في الهواء والمال الذي يجنيه المراهن على النتيجة. تستمد هذه الأحجية نكهتها من الجدل القائم بين الرياضيين والفلاسفة: ما هو مبلغ الجائزة الذي يستحق المشاركة وما المبلغ الذي يمكنك المخاطرة بخسارته لدخول اللعبة؟

ولكن قبل الاسترسال، دعنا نفهم أصول تلك اللعبة أولاً.

للعملة المعدنية وجهان: نقش وصورة. تنص اللعبة على رمي العملة في الهواء حتى تسقط والوجه المتفق عليه إلى الأعلى(وليكن وجه النقش). ويحدد عدد الرميات (ن) مبلغ الجائزة. الآن بالإمكان التعبير عن قيمة الجائزة رياضيا بالمبلغ المساوي لـ ($2^{ن}$د.) لاثنين مرفوعة إلى الأس (ن)، وعليه إذا رميت العملة وحطت ونقشها إلى الأعلى أول مرة فالجائزة ستساوي (2^1د.) اثنان مرفوعة إلى الأس واحد وتساوي ديناران وتنتهي اللعبة. وإذا رميت العملة وحطت ونقشها إلى الأعلى عند الرمية الثانية فالجائزة ستساوي(2^2د.) اثنان مرفوعة إلى الأس اثنين وتساوي أربعة دنانير وتنتهي اللعبة.. وهكذا. لا يقع النقاش المعمق لهذه المتناقضة ولا فلسفتها ضمن نطاق هذا الكتاب، ولكن لتوضيح الفكرة نقول إنه لابد للمراهن الحذق (والذي لا يبغي الخسارة بالطبع!) أن لا يدخل اللعبة أبدا إلا إذا كان ثمن دخوله يقل عن مبلغ جائزته المحتملة. وتبرز المتناقضة هنا عند تحليل هذه الأحجية والتي تتحمل الوجهان دائما.فمن البديهي أن يقل رسم الاشتراك عن قيمة الجائزة للحصول على ربح معين أولا. ومن البديهي أن المراهن المحترف سوف يدخل اللعبة مهما كان ثمن تذكرتها ثانيا.

ومن التعليقات الطريفة ما نشره (بيتر ل. برنستين– Peter L. Bernstein) في كتابه (الخلاف مع القدر: قصة المجازفة المثيرة) موضحا شأن متناقضة (سنت بطرسبرك) حين قال:

((أعترف أن تلك الرسالة ستظل من أعمق ما كُتب، ليس فقط لمناقشتها مبدأ المجازفة (على أهميته) فحسب، بل لعلاقتها بالتصرف البشري الغريزي ككل ؛ أولا يركز (برنولي) في أطروحته على واحد من أعقد العلاقات ما بين القياس والحدس؟ أولا يمس القياس والحدس كل ما نحاول فهمه في هذه الحياة؟)).

عاش دانيال (بعد خلافه مع أبيه) في مسقط رأسه وعين في عام (1750) رئيسا لقسم الفيزياء في (جامعة بال) وبقي في منصبه هذا محاضراً حتى وفاته في عام (1782). ويمكن تسميته دانيال (بكارل سيجان) عصره، حيث كان كثير الاهتمام بتفسير العلوم للعامة. تشعبت اهتماماته ولم تقتصر براعته ولا شغفه على حقل واحد من حقول المعرفة فكتب عشرة مقالات علمية ربحت كلها جوائز قيمة في منافسات الأكاديمية الباريسية المرموقة للعلوم، وكتب العديد من المقالات في علوم متعددة شملت الملاحة البحرية والتكنولوجيا والمغناطيسية والفلك ومدارات الكواكب، أثبت براعته في جميعها.. ومن الجدير بالذكر اهتمامه بإبداع الشكل المثالي للساعات الرملية والتصميم الأفضل لأهلاب السفن. وأما ما استحق فعلا الاهتمام بساعاته الرملية فكان تصميمها للعمل بدقة لقياس الوقت على ظهر السفن حتى المبحرة منها في أعتى العواصف، ولتحقيق ذلك توصل (برنولي) إلى تثبيت ساعاته الرملية على لوح من صلب الحديد طاف داخل برميل من الزئبق حيث حافظت كثافة الزئبق على استقرار لوح الصلب ومن ثم استقرار ساعاته الرملية تحت أقسى العواصف وأعتى الأمواج.

من المؤسف حقا أن تضيع جل أعمال (دانيال برنولي) وأكثر محاضراته، فلا نعرف اليوم لها أثراً، ولكن مما لاشك فيه أنه حمل فوق كتفيه رأسا زاخرا بمواضيع وعلوم لا يسع هذا الكتاب الموجز إلا أن يتطرق لبعض عناوينها مع نبذة مختصرة عما خاضه فيها.

في الطب:

- ميكانيكية التنفس والتقلص العضلي.

- التصور العلمي لانتشار العصب البصري عند تموضعه في شبكية العين.
- حساب الجهد المنجز من قبل القلب.

في الرياضيات:

- لعبة الفارو (Faro) – لعبة الورق التي يضع المتنافسون رهاناتهم على أعلى ورقة مجموعة الموزِّع.
- معادلات (ريكاتي – Riccati) التفاضلية معسرة الحل: سميت هذه المعادلات باسم واضعها [الكونت ياكوبو فرانشسكو ريكاتي (1676 – 1754) Count Jacopo Francesco Riccati] صيغتها العامة هي: $(y = q_0(x) + q_1(x)y + q_2(x)y^2)$ والتي لا يمكن حلها بالطرق التقليدية الأولية.
- المتصالبات الهندسية: وهي من الأشكال المتقاطعة المسماة (لونيولي – Lunulae).
- مجاميع الجيب والجيب تمام المتفرقة.
- الكسور المستمرة اللانهائية.
- الاحتمالات والإحصاء وتطبيقاتهما في مجالات الاقتصاد وانتشار الأمراض والإحصاء السكاني.

في الميكانيك:

- نظرية في الأجسام الدوارة
- الاحتكاك
- ضغط الموائع على أسطح الأنابيب الداخلية
- تذبذب الموائع في الأنابيب المغمورة بالماء
- أبحاث في المضخات وأشرعة طواحين الهواء ولولب ارخميدس
- الضغط الجوي

- انكسار الضوء
- انسياب الهواء عبر الفتحات الضيقة
- نظريات حول تصرف أمواج المحيطات
- فعل الأقلعة والمجاذيف
- ميكانيكا الأجسام المرنة
- الفيلاريا واللنتيياريا والكاتيناريا – (Velaria، Lintearia and Cantenaria): أسماء لبعض المنحنيات الهندسية التي تصف مشاهدات وظواهر طبيعية.
- تذبذب الحبال المثقلة بالأوزان
- تذبذب الخيوط متباينة السمك والألواح الطافية على الماء وأنابيب الارغن[1] والوتريات الموسيقية.

ولعل أبرز قوانين (برنولي) الأقل شهرة والأكثر أهمية هو ما يسمى بقانون [(برنولي – يولر) The Bernoulli – Euler Law –] والذي يدرس تصرف القضبان أفقية التموضع والتي تحمل أثقالا عمودية تسبب انحناءها. ينص هذا القانون على أن **عزم الانحناء** (M) **لمقدار نصف قطر دائرة** (R) **لأي قضيب مرن بسمك** (t) **حيث** (t<R) **هو** M = EI/R.

حيث (E) هو معامل (مرونة يونك – Young's Modulus) لمادة القضيب و (I) هو العزم الثاني لمساحة مقطع القضيب حول المحور العمودي على مستوى الانحناء. أما معامل مرونة يونك (M) لمادة ما فيمثل مقدار صلابتها. اقترح (برنولي) هذا القانون في عام (1742) وتمكن (يولر) من اشتقاقه رياضيا بعد سنتين أي في عام (1744) [2].

وضع برنولي في كتابه المنشور عام (1738) بعنوان (حركية الموائع) تصوره البين حول قانونه في ميكانيك الموائع والذي نص على **التناسب العكسي بين إزاحة مائع وضغطه** حين كتب

(1) (الارغن: آلة موسيقية هوائية تصوت بنفخ الهواء خلال أنابيب متساوية الأقطار متباينة الأطوال – المترجم).

(2) يعتبر هذا النص مثالا بينا على حاجة الترجمة إلى مخططات وأشكال ورسوم لتوضيح فكرة القانون والمثال المضروب هنا وفي مجالات أخرى خلال الكتاب (المترجم).

موضحـاً: ((من المدهش حقا أن يتأخر اكتشاف مثل هـذا القانون البسيط (والذي ابتدعته عبقريـة الطبيعـة) حتى اليوم!)). لقد انتظر العالم عـام (1755) حتى استطاع (يولر) وضع العلاقة الرياضية الواضحة التي تربط ضغط مائع بإزاحته وكثافته وارتفاعه.

بإمكاننـا تصور تطبيق (قانـون برنولي) كلما ضغطنا على مطاطـة زجاجـة عطر! يخلق كبس السبابـة والإبهام عليها تخلخلا سلبيـا في ضغط الهواء فوق مستـوى السائل بالنظر لدفعهـا الهواء بسرعة عاليـة. يعمل تيار الهواء المتسارع فوق سطـح العطر على (شفطه) إلى أعلى منفذ الخروج ونثه برفق على وجهك![1].

يساعدنا القانون كذلك على فهم ظاهرة تشظي زجاج المنازل إلى الخارج عند مرور إعصار قريـب منها، حيث يزيد الاعصار من حركة الهـواء خارج المنزل فينخفض ضغطه إلى درجة تـؤدي إلى تغلّب ضغط الهواء داخل المنزل على ضغطـه خارجه الأمر الذي يدفع بالهواء إلى الخـارج (محـاولا مساواة الضغط) مهشماً معـه شظايا الزجاج دافعا إياهـا إلى الخارج. فمن الحكمـة إذا أن تتذكر ترك بعض نوافذ منزلك مفتوحة لمعادلة ضغط الهواء عند إذاعة اقتراب إعصار من دارك تفاديا لتحطمها.

أضـاف صديقي مـؤرخ العلوم (كراهام كلفـرلي – Graham Cleverley) في رسالة شخصية بعثها لي موضحاً تطبيقات أخرى (لقانون برنولي) تخص أجنحة الطائرات وأشرعة السفـن وكرتـي الطاولة والبيسبـول بقوله: توفر الطائـرات الاعتيادية (غـير النفاثة) الكثير مـن الوقود باعتبار (قانـون برنولي) عند تصميم أجنحتها. وبالإمـكان عزو تأخر الأوربيين في اكتشـاف الأمريكتـين حتـى القرن التاسـع عشر لتأخـر معرفتهم وفهمهـم لتأثيره على تصميـم أشرعـة السفـن الكبيـرة ومجاديفهـا، كما إن إبداع لاعبي البيسبـول أمثال (بيكهام – Beckham) و(سامبراس – Sampras)، لم تكـن لتتحقق بإرسـال الكرات القوسية

(1) هـذا بالطبـع قبل اكتشاف مذيات العطور الطيـارة والتي بطبيعتها تحفظ تحت ضغط عال في زجاجـة والتي تنطلق منها حال إفساح المجال لها، ثم تتبخر بدرجة حرارة الغرفة حال رفع الضغط عن كابسها حاملة عطرها إليك –(المترجم).

والمنزلقة لولا هذا القانون. وأخيرا لما تمتعنا (لولاه) بقفزات كرة تنس الطاولة ومراوغاتها وهي ترقص بفعل مضارب محترفي اللعبة من الصينيين.

ولمزيد من الطرافة والمتعة... دعني أقتطف لك من كتاب (راي كرزويل – Ray Kurzweil) المعنون – مما نؤمن به ولا نستطيع إثباته – حيث يقول: (**إن من الخصائص الأزلية والمدهشة للطبيعة هي فعلها الثابت على موجوداتها واستمرار هذا الفعل وثبوت تأثيره. ما عليك إلا أن تتصور بساطة وأهمية تطبيق (قانون برنولي) على تأثير الهواء على الأسطح المنحنية وعمله على تضخيم قواه الرافعة وبالأخص زيادة سرعة تيار الهواء أعلى مقطع محدب لجناح طائرة مقارنة لسرعته أسفله. فتح هذا التصور – على بساطته – عالم الطيران أمام البشر على مصراعيه وحررهم من عبودية «سلطان الجاذبية». يشم المتبصر – ولا شك – رائحة المبالغة مما سبق، فلم نكن بحاجة لا (لبرنولي) ولا لقانونه للطيران أو لصنع الطائرات. كان باستطاعتنا الطيران على طريقة (Zeppeline)[1] والتي لا تعتمد على هذا المبدأ. ولكن من المنصف القول إن لذلك القانون أثراً بيناً على حساب وتحسين استقرار وقيادة وكفاءة استخدام طائرات الركاب التجارية**).

كتب جون اندرسون في رائعته (تاريخ ميكانيكا الهواء) يقول:

> **((نقرُّ اليوم بفضل (دانيال برنولي) في إرساء مبادئ التقدم الحديث في علوم حركية الهواء. عالجت ميكانيك نيوتن – وبلا شك – مغالق هذا العلم الحديث وأسراره ولكنها لم تفلح بفتح أبوابه. طرقها (برنولي) بشدة وبثبات ولكنه لم يفلح إلا بإحداث شروخ بسيطة فيها. أما اليوم فنعزو – وبفخر – فتح تلك الأبواب على مصراعيها لـ (ليونهارد يولر – Leonhard Euler) ومن لحق به)).**

(1) أو (Zeppelin) – وهي عبارة عن (آلات طائرة) تشبه المناطيد طولية الشكل. أول من اخترعها كان الألماني (الكونت فردناند فون زبلن – Count Ferdinand von Zeppelin) في أوائل القرن العشرين اعتماداً على تصاميمه التي وضعها حوالي عام (1874) وطورها في عام (1893) حتى حصل على براءة اختراعه من أمريكا في عام (1899). أول استخدام تجاري لها كان في النقل الجوي قبل الحرب العالمية الأولى، واستخدمها الألمان لقصف الحلفاء بالقنابل أثناء الحرب ومن أنواعها (LZ 127 (Graf Zeppelin)) و (LZ 129 Hindenburg) والتي انتظمتا في رحلات عبر الأطلسي من ألمانيا إلى أمريكا وإلى البرازيل. (المترجم).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Anderson, John, *A History of Aerodynamics: And Its Impact on Flying Machines* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1999).

Bernstein, Peter L., *Against the Gods: The Remarkable Story of Risk* (Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, 1998).

Brockman, John, *What We Believe but Cannot Prove* (New York: Harper Perennial, 2006).

Guillen, Michael, *Five Equations That Changed the World* (New York: Hyperion, 1995).

Kobes, Randy, and Gabor Kunstatter, "Bernoulli's Principle," Physics Department, University of Winnipeg; see theory.uwinnipeg.ca/mod_tech/node68.html.

Martin, Robert, "The St. Petersburg Paradox," in *Stanford Encyclopedia of Philosophy*; see plato.stanford.edu/entries/paradox-stpetersburg/.

O'Connor, John J., and Edmund F. Robertson, "Daniel Bernoulli, 1700–1782," in *MacTutor History of Mathematics Archive*, School of Mathematics and Statistics, University of St. Andrews, Scotland; see www-groups.dcs.st-and.ac.uk/~history/Mathematicians/Bernoulli_Daniel.html.

Quinney, D. A., "Daniel Bernoulli and the Making of the Fluid Equation," *plus* magazine, January 1997; see pass.maths.org.uk/issue1/bern/.

Straub, Hans, "Daniel Bernoulli," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• جُلّ ما قام به العلماء قبل (انشتين) هو مراقبة الأشياء والظواهر وتسجيلها، ثم العمل على إيجاد شيء من الرياضيات لتفسير ما توصلوا إليه. قلب (انشتين) الموازين رأسا على عقب. غيرت شحنات عصبوناته المادة ونحت إزميل ذهنه الطاقة، فقدم تحفة رياضية فذة استلهم وحيها من اللامتناهي في أعماق الكون. استخرج من هذه التحفة توقعاته لما ينبغي أن تفعله الأحداث وما يجب أن تسير بموجبه الأفلاك. أعاد الساحر مارد العلم إلى قمقمه وأمره فانصاع. لقد أرجع (انشتين) العلم إلى صوابه وأعاد سيطرة الفكر عليه... باختصار أعاد اينشتين هبة الإبداع إلى الذهن البشري.

غيتس

Sylvester James Gates، quoted in Peter Tyson's، (The Legacy of $E = mc^2$).

سلفستر جيمس غيتس، مستلهمة من كتاب (رشاقة الـ $E = mc^2$)

• لا تمثل الرياضيات مطلق الحقيقة بمفهوم المنطق فحسب، بل هي الجمال الكامل الآسر الأخاذ. ولكنها الجمال البارد الصامت، جمال الحجر المنحوت ليس إلا!.

رُسل

Bertrand Russell، (Mysticism and Logic)، 1918.

برتراند رسل - من كتاب (الشك والمنطق) 1918.

• إن كل ما يحذقه الرياضيون هو إحكام ربط الأسباب بالمسببات، ربما بمعادلتها بقطعة (منطق) صغيرة هي علامة المساواة (=). صدقاً، إنهم لا يدركون ما في داخل بنائهم من أسرار ولا يحاولون تفسيرها... أنا شخصياً، لا أراهم أصلاً بحاجة لا للإدراك ولا للتفسير!!

على العكس من ذلك تماماً فكثيراً ما يجتهد الفيزيائيون في اختيارهم لرموزهم بكامل العناية ويبدعون في صياغة عباراتهم ببالغ الدقة، ويستلهمون تفسير دلالاتهم بكامل الوضوح.

وهنا أستنتج بأنه على عاتق الفيزيائيين يقع عبء ربط العالم الجامح بحبال متينة مظفورة بعناية من كلمات منتقاة بدقة، ذوات مقاصد بينة.

فينمن

Richard Feynman، (The Character of Physical Law).

من كتاب (صفات القانون الفيزيائي) لرتشارد فينمن.

• يفترض التنوير (وهو ما يدين به العلم مجازاً) بأن المولى القدير (عز وجل) كان قد خلق قلب (عقل) الإنسان وشغاف فضوله من عين الجوهر الذي صاغ منه أسرار الكون وقدّر له أفلاكه. لم يعر (سبحانه) لأي تغيير أو خراب قد يفكر به (الشيطان) بالاً أبداً. إن لدقة الأكوان في هندستها ولروعة الأفلاك في بنائها من مطلق الكمال ودقيق الصنعة ما يستقزم أي إرادة أو جهد عابث به.

كروس

Frederick Crews، (Follies of the Wisc)، Skeptical Inquirer، March / April، 2007.

دورية سكبتكال انكوايرار عدد مارس/ ابريل (آذار/ نيسان) 2007

من مقاله (الحكماء الأغبياء) لفردريك كروس.

• لم على الذهن البشري الجهاد والتفكير للإلمام بأصول كل القوانين الكونية وفهمها وهو الذي خُلق لأغراض أخرى؟ ولم علينا النضال لحصر كل تلك القوانين وتركيز وضعها تحت ضوء الفكر وعدسة القياس؟ علما، بأن أقصى ما أتيح للبشر من موارد القوى والطاقة لا تتعدى مجالا ضيقا من المستلزمات كالحرارة والماء وبعض الوسائل الأخرى التي لا تمكننا إلا من العيش والبقاء على سطح الأرض وحسب.

كلما سبرنا أغوار الكون إلى اللامتناهي من الأجرام في الفضاء لم ندرك إلا جزءاً ضئيلا من حقيقته ناهيك عن قصورنا التام عن فهم الكثير عن أنفسنا ذاتها. باختصار أريد أن أقول إنه بإمكاننا – إذا أردنا – أن نفهم وبمنتهى البساطة لم علينا أن ندرك ونتقبل حقيقة قصورنا المخجل عن إدراك كمال أنفسنا و/أو عظمة ما حولنا. كل ما نملكه وما سوف نملكه من علم لن يتيح لنا الإبحار بثقة في مجاهل الكون، فضلا عن إدراك كنهه أو موجده.

بارو

John Barrow، (Boundaries and Barriers، On the Limits of Scientific Knowledge).-

من كتاب (الحدود والموانع؛ حول الغاية من حدود العلم والمعارف) لجون بارو.

• لا وجود للأشباح علميا فلا مادة لهم نلمسها ولا طاقة لهم نقيسها ولذا وحسب قوانين العلم فلا وجود للأشباح إلا في خيال الإنسان، وبالمقابل ألا توافق معي بأن رزمة قوانين العلم ومحاولاته (التي نفخر بها!) لا تحتوي على مادة نلمسها ولا على طاقة نقيسها؟ ولذا لا وجود للقوانين العلمية إلا في خيال الإنسان. والآن ألا توافق معي – إذا – على ضرورة بغضها ورفضها معاً؟!

برسنك

Robert Pirsig، (Zen and the Art of Motorcycle Maintenance).

من كتاب (زين وفن صياغة الدراجات) لروبرت برزك.

قانون لامبير للانبعاث الضوئي

LAMBERT'S LAW OF EMISSION

سويسرا / ألمانيا عام 1760

تتناسب شدة إضاءة أي بقعة على سطح أي جسم خشن في أي اتجاه مع جيب تمام الزاوية المحصورة بين اتجاه الإشعاع والمماس على سطح تلك البقعة.

محاور ذوات علاقة:

قانون بير للامتصاص الضوئي (BEER'S LAW OF ABSORPITION)، وقانون لامبير بير(The LAMBERT BEER LAW)، وقانون بوكار بير-(THE BOUGUER BEER LAW)

من أحداث عام 1760:

- تحالف الهنود الحمر من مواطني بلدة (جيروكي- Cherokee) مع القوات الفرنسية الغازية خلال حربهم الأخيرة وهاجموا مواطنيهم المتحصنين في قلعة (دوبز).

- احتل الروس برلين وأحرقوها

- بدا عضو مجلس الأمة الألماني (كاسبر فيبر- Cosper Faber) تحضيراته استعداداً لأول محاولة إنتاج لأقلام الرصاص تجارياً.

نص القانون وشرحه:

ينص (قانون لامبير) للانبعاث الضوئي والذي يعرف كذلك (بقانون لامبير الجيبي)[1] أو

(1) الجيب والجيب تمام حدان رياضيان من حدود علم المثلثات الستة وهي - الجيب والجيب تمام (Sine & Cosine) والظل والظل تمام (Tangent & Cotangent)، والقاطع والقاطع تمام (Secent & Cosecant). (المترجم)

القانون الجيبي للانبعاث الضوئي على **تناسب شدة الضوء[1] المنبعث عشوائياً من أي جزء من أجزاء السطوح متناسقة الخشونة مع جيب تمام الزاوية المحصورة بين اتجاه الإشعاع والمماس لذلك السطح.**

يقصد بالسطوح متناسقة الخشونة (وقد تسمى بالسطوح مثالية الانتشار) تلك التي تمتاز بخشونة عامة متماثلة (كقطعة الطباشير مثلا أو قطعة من الخشب الخام)، بحيث يتم تبعثر الضوء الساقط عليها بالتساوي إلى كافة الاتجاهات مهما صغرت مساحته المضاءة. ولذلك تظهر كافة الأجسام (أو أجزائها) الخاضعة لقانون (لامبير) الجيبي متساوية الإضاءة من كل الاتجاهات. وبإمكاننا صياغة هذا القانون بصور شتى منها:

- **يتناسب مقدار الطاقة المشعة المقاسة من على سطح جسم مثالي الانبعاث مع جيب تمام الزاوية (θ) المحصورة بين خط النظر والعمود المقام على ذلك السطح**، بمعنى تماثل شدة إضاءة أي بقعة من بقاع سطح متناسق الخشونة بالنسبة لأي مراقب لتلك البقعة.

ويمكننا تفسير هذا النص رياضيا بسهولة إذا اعتبرنا تناسب مقدار إضاءة أي جزء ظاهر من سطح ذلك الجسم مع جيب تمام الزاوية المنظور إليه من خلالها. وبالإمكان التعبير رياضيا عن (قانون لامبير الجيبي) وصياغته كذلك كما يلي:

$$I_e \propto \cos\theta,$$

حيث يمثل (I_e) شدة الضوء المنبعث و(θ) الزاوية المحصورة بين خط النظر والمماس على السطح و($\propto$) علامة التناسب الطردي.

وإليك الأمثلة: يعكس لوح الخشب الخام قبل صقله الضوء الساقط عليه حسب القانون أعلاه، ويفقد خاصيته تلك بالصقل والطلاء لأنه عندئذ سيعكس وبوضوح أخاذ ما يحيط به من نقاط مضيئة إذا أحسن اختيار زاوية النظر إليه[2].

(1) تقاس شدة الإضاءة بوحدة الإضاءة (فلكس - Flux) لكل زاوية قوسية كاملة. (المترجم).

(2) هل لاحظت بريق القطع الفضية والذهبية خلال زجاجة العرض في حانوت الجواهرجي وتلألؤها تحت الأضواء المنتقاة بعناية؟ - (المترجم).

تتصرف السطوح المعدنية والزجاجية المصقولة بعناية، ومثلها جبائر الجبس الممسوحة بالماء بطريقة مشابهة وتسمى (سطوحاً صقيلةً) وتقاس الإضاءة المنعكسة منها بدليل إضاءتها ككل أي بوحدة الإضاءة المنبعثة من وحدة المساحة. تُعَرّف خاصية الإضاءة ووحدتها (اللامبير) نسبة إليه، بشدة الإضاءة المنعكسة من على سطح بقيمة وحدة إضاءة واحدة (لومن- Lumen) للسنتيمتر المربع الواحد من ذلك السطح، تخليدا لذكراه.

للفضوليين فقط:

• لقبه الفيلسوف الألماني المعروف [عمانوئيل كانت - (Immanuel Kant (1724-1804] بعظيم عباقرة ألمانيا.

• سهلت النظريات التي توصل إليها حساب مقاطع المخاريط الهندسية المستخدمة في حساب مدارات المذنبات.

• كان أول من اخترع المرطاب[1] والمطياف[2].

• تبرز أهمية إنجازاته الكبرى وعبقريته اللامتناهية إذا ما عرفنا أنه نشأ باحثا عصاميا، علم نفسه بنفسه ولم يدخل مدرسة قط!

أقوال مأثورة:

- جعلت الكمال والسعادة نصب عيني كأجل أهدافي. أقنعت نفسي وآمنت أنه لا سبيل لامتلاك إرادتي ولا لشحذ همتي إلا بتنوير عقلي وتوسيع إدراكي.

لامبير

Johann H. Lambert، quoted in (Dictionary of Scientific Biogrophy.

مقتطف من (معجم سير العلماء الذاتية).

---

(1) (Hygrometer) - المرطاب: جهاز قياس الرطوبة في الجو.(المترجم).

(2) (Spectrometer) - المطياف: جهاز قياس شدة الضوء وألوانه..(المترجم).

– بزّ (لامبير) معاصريه حينما تمكن من استيعاب المفهوم الهندسي بطريقة أهلته لاستنباط الحدث في الهندسة حين بقوا هم أسرى المفهوم الفراغي لها، كما تمكن من هدم أسطورة الأبعاد الهندسية الثلاثة باستشرافه الثاقب لتوازي خواص الدوال الفيزيائية. ولا يزال كم الأسئلة الهائل المطروحة حول نظريته (الشاملة) موضوع بحث واهتمام إلى يومنا هذا، رغم صياغتها في النصف الثاني من القرن الثامن عشر.

فولتا

J. Folta، (Remarks on the Axiomatic Development
of Mathematics in the Second Half of the Eighteenth Centuary

من كتابه (بديهيات تطور المفهوم الرياضي في النصف الثاني من القرن الثامن عشر).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

[يوهان هنرييخ لامبير (1728–1777) Johann Heinrich Lambert] رياضي وفيزيائي سويسري من أصل ألماني، اشتهر بشغفه بالنسبة الثابتة (π) وحساباتها وبقوانينه في انعكاس وامتصاص الضوء.

يعتبر (يوهان لامبير) مثالاً حيا للعالم العصامي موسوعي الميول متعدد المواهب، حيث نشر أكثر من (150) عملا في مختلف مواضيع الهندسة والاحتمالات والبصريات والفلسفة، والأرصاد والتنبؤ الجوي والتعدين، والفلك، ولقد امتد طموحه وتوسعت عبقريته حتى تمكن من ولوج عالم الفن واستطاع نشر تصوراته حول الفنون والرسم!! أما حين سأله (فردريك الأعظم) ملك بروسيا عن تحديد نوع المعرفة وجانب العلم الذي برع به وأحبه وملك ناصيته من بين كل حقول المعرفة والعلوم التي مارسها خلال حياته: أجابه بأدب جم وتواضع بالغ: جميعها!!.

ولد في مدينة (ملهاوزن – Mulhausen) والتي تسمى الآن (ملهاوس – Mulhouse) وتقع في مقاطعة (الالزاس – Alsace) الفرنسية. اختلف الموسوعيون والمؤرخون في اعتباره عالماً ألمانياً، أم سويسرياً من أصل ألماني أم ألمانيا من أصل فرنسي (وفضاً للنقاش اعتبرته شخصيا عالما ألمانيا وكفى...). تعتبر مدينة (ملهاوزن) مسقط رأس (لامبير) إحدى عشر مدن في

منطقة (الالزاس) والتي تمكنت من تحقيق استقلالها وتحالفها مع الاتحاد السويسري قبل أن يتم ابتلاعها من قبل فرنسا عام (1798).

ترعرع كأحد خمسة إخوة وأختين لخياط بسيط. تنوعت ثقافته منذ نشأته الأولى فدرس اللاتينية والفرنسية. كاد تحصيله الدراسي أن لا يذكر حيث عزف عن المدرسة ولما يبلغ عامه الثاني عشر واتجه لمساعدة والده في محل خياطته المتواضع، إلا أنه واظب على الدراسة الذاتية للعلوم والمعارف حتى بلغ السابعة عشرة من عمره حين أسعفه الحظ بالحصول على وظيفة سكرتير لمحرر إحدى الصحف المحافظة عند ذاك وهكذا تحسن دخله المادي قليلا، فتنفس الصعداء وتمكن من المواظبة على دراسة العلوم والفلسفة والرياضيات ذاتيا بعد ساعات الدوام.

عكس خطابه التالي اهتمامه بعمله وسعيه الدؤوب لتحقيق غاياته واكتشاف ذاته وصقل مواهبها، ولم يكن قد بلغ العشرين من عمره بعد، حين كتب قائلا:

((حرصت أن أقتني (بما كسبته من قليل مال) بعض الكتب وواظبت على محاولة فهم مبادئ الفلسفة وحددت هدفي ورسمت طريقي؛ إذ لابد أن يكون تحقيق سعادتي الذاتية وتدريب نفسي وقسرها على بلوغ الكمال في كل ما أفكر به وأحاول إنجازه، غاية أهدافي. لقد درست كتاب (السبيل لاكتشاف قوى الفكر البشري) لـ(كرستيان وولف - Christian Wolff)، وكتاب (في سبيل البحث عن الحقيقة) لنيكولاس ملبرانش - (Nicolas Malebranche)، كما قرأت كتاب (مقالات في تفسير السلوك والفهم الإنساني) لجون لوك- John Locke). ولقد زودتني دراساتي المعمقة للجبر والرياضيات بالوسائل والسبل التي اعتمدت عليها لاختبار والتأكد من سلامة كل ما تعلمته، بهذه الطريقة تمكنت ليس فقط من سبر أغوار العديد من العلوم بسهولة وبعمق منقطعي النظير وإنما تمكنت كذلك من إفهامها للغير)).

انتُخب (لامبير) عضوا في المجمع الأدبي لمدينة (شُر - Chur) حينما حل بها وكانت ماتزال عضوا في الاتحاد السويسري، كما انتُخب عضواً في المجمع العلمي للاتحاد ومقره مدينة (بال - Basel) عندما انتقل إليها أيضاً، كما واظب على إجراء تجاربه وتسجيل

ملاحظاته حول الأرصاد والتنبؤ الجوي بانتظام كإحدى مسؤولياته آنذاك. واستمرت نجاحاته فنشر عام (1755) أول أبحاثه ونظرياته حول قياس كميات الحرارة، كما نشر عام (1758) كتابا رائعا حول خواص الضوء وتباينها عند اختراقه لمختلف المواد، هذا الكتاب الذي سرعان ما لحقه بكتاب ثان عنوانه (فوتومتريا – Photometria) أو (قياسات في الضوء) والذي يعتبر بدوره من أشهر كُتبه على الإطلاق لأنه تضمن كافة أعماله وتجاربه حول الانبعاث الضوئي التي حمل قانونها اسمه إلى اليوم.

كتب (كرستوف سكريبا – Christoph Scriba) في مشاركته حول إنجازاته في موسوعة (سير العلماء الذاتية) يقول: [لقد أجرى (لامبير) تجاربه وأنجز أبحاثه اعتمادا على النزر اليسير من الآلات البدائية والأدوات المحلية، ولكنه استطاع التوصل إلى استنتاجات، ووضع قوانين لاتزال تفخر بحمل اسمه إلى اليوم، فبرغم ريادة (بوكار– Bouguer) في اكتشاف موضوعه (الأفول الأُسي لشدة سطوع حزمة ضوئية مارة خلال وسط متجانس الشفافية، إلا أنها وإلى الآن تحمل اسم (لامبير). وستُعرف – من خلال هذا الفصل – بـ **(قانون لامبير الجيبي)** والذي ينص على **تناسب شدة سطوع سطح متجانس(للإشعاع) مع جيب تمام الزاوية المحصورة بين خط النظر إليه والمماس المرسوم على سطحه**].

ويعزى (لسكربيا) قوله بإقران اسم (لامبير) بقانون الامتصاص الضوئي رغم حقيقة سبق الفرنسي (بوكار) له باكتشافه، ولذلك قصة سيأتي ذكرها في الفصل الثالث من هذا الكتاب (بإذن الله).

أما ملخص القصة فيذهب إلى القول باعتكاف ودأب الرياضي الفرنسي [بيير بوكار (1758 – 1698) Pierre Bouguer] على دراسة الضوء وكشف خواصه حتى تمكن في عام (1729) من توليف صيغة مقبولة لقانون امتصاص ضوئي نصت على: **(تناسب جزء الضوء المتص من قبل أي مادة يمر بها مع سمكها)**. عّرف (بوكار) في بحثه المنشور في عام (1729) والموسوم بـ [Essai d'optique sur la Gradation de la Lumiere]، (تجارب عينية حول تدرج سطوع الضوء)، كمية ضوء الشمس الواصل إلى الأرض وفسر تشتته كنتيجة

لمروره بطبقـات الجو العليا. ولعل من المناسب جداً اعتبار ريادة السبق في اكتشاف ما يعرف اليـوم بقانون (بير) حقا شرعيا (لبوكار) هذا. ولقد لعبت شهرة (لامبير) وذيوع صيته العلمي دوراً كبـيراً أهلـه إلى إعادة صياغة وتثبيت ونشر قانون (بـوكار) السابق باسمه بالنظر لمكانته ونفوذه في ذلك الزمان. وحسماً للإشكاليات التي غالبا مـا تصاحـب الاكتشـاف المتزامـن لحقائـق علمية محددة فقـد قـام [أوكست بير (1863 1825-) August Beer] بإعـادة نشر الصيغة المثالية لقانون الامتصاص الضوئي موضـوع البحث والذي صار يعرف (حسماً للجـدل) بقانـون (بـير- Beer's Law)، وبقانـون لامبرت - بـير (-The Lambert Beer Law)، وبقانون بوكار - بير (The Pouguer-Beer Law) على قدم المساواة وبإمكانك الرجوع إلى مفردة (قانون بير) في هذا الكتاب للاطلاع على التفاصيل.

ولزيـادة الفائدة لابد من التنويه إلى أن تصميم العلماء ودأبهم على إعادة التجارب والتأكد مـن نتائحها وتصحيح ما زاغ منها وإعادة تسجيل ملاحظاتهم عنها في كل مرة، قد هداهم إلى الاستنتاج بوجوب اعتماد عوامل إضافية وثوابت جديدة لحساب مقادير امتصاص كمية الضوء اذا ما مر في مواد سائلة.

نشـر (لامبـير) في عـام (1761) نظرياته عن الكـون وترتيب الكواكـب في كتابه الموسوم: (Cosmologische Briefe uber die Einrichtung des Weltbaues)، أي (رسائـل فلكية في احتمالات وحتميـة تنظيم نسق الكون)، خط فيـه تصوراته واقتراحاته عن حتميـة وجودنا في عالم محدود السعة يحـوي مجرات ونجوماً أعتقد جازما بضرورة وجود الحياة (بشكل أو بآخر) عليها. ولم يستثن وجود الحياة لا على الكواكب ولا الأقمار ولا حتى المذنبات والشهب في عالمنـا هذا. لقد أكد (لامبير) تصوراته بنشرها في دورية (مختصرات فلكيـة) قائـلا:

((لا أشك مطلقا بحكمة الخالق (عز وجل) وعظمته وقدرته على وضع الحياة والقوى الفعالـة ونشرها على كل حبة رمل، وعلى من يرغب في الاهتداء إلى تصـور صـحيح لطبيعة الكون ومحتوياته أن يسـلك طريقا صحيحا في التفكير بإرادته (جل وعلا) أولا وبأنـه القادر فعلا على بسـط قدرته ومدّها لجعـل كل ما نراه من الأجـرام الفلكية في

السماء مفعمة بالحياة. ليس بالضرورة أن تكون حياة كالتي نألفها أو كالتي نعيشها نحن على الأرض ولكنها أشكال حياة من التنوع والتغاير، تتناسب مع ما تسمح به قوانين الكون المتنوعة والمختلفة)).

ويرى (لامبير) أن الإله القادر (سبحانه) يملك نشر بذور الحياة مهما تباينت أجناسها عبر الكون وبإمكانه (سبحانه) إسكان الأشكال البشرية وشبه البشرية و(غير البشرية) في كل مكان. ولغرض الإبقاء على ما خلقه من حياة فبقدرته أن يوفر لها الحماية وأن لا يسمح (إلا فيما يندر) بحدوث الاصطدامات الكوكبية أو الكوارث الكونية كالتحامها ببعضها أو تدميرها بالنيازك. ومن الجدير بالذكر أن الفيلسوف الألماني [كانت (1804 – 1724) Kant] كان قد شارك (لامبير) تصوراته حول الوحدات الجزيئية لبناء الكون بطريقة التكامل بمعنى اجتماع الكواكب لتكوين المجاميع الشمسية والتي تتجمع بدورها لتكوين كيانات أكبر وهو ما نسميه اليوم بالمجرات والسدم والتي بدورها تنتظم بمجاميع أكبر وأعظم.... وهكذا إلى ما شاء للذهن البشري أن يمتد بتصوره لذلك.

ركّز (لامبير) جهوده الفلسفية على مواضيع عدة منها – طبيعة المعرفة الإنسانية، والفكر البشري، والمنطق الرياضي، وطرق الإثبات العلمية. أما في حقل الرياضيات فلقد اشتهر بكونه أول من أثبت أن (النسبة الثابتة للدائرة) هي عبارة عن كسر دوري، ولا تفسير منطقي لذلك، بمعنى استحالة وضعه كنسبه بين رقمين كاملين. كما اهتم (لامبير) كذلك بالألوان وتناسقها، وقد بلغت عبقريته في هذا المجال أن توصل لابتكار طريقة ذكية مدهشة لترتيب الألوان وذلك باستنباط موضوع الهرم الثلاثي الملون. لهرم (لامبير) الثلاثي قاعدة يحتل اللون الأسود مركزها بينما تتلون أقطابها الثلاثة بالألوان الأحمر والأصفر والأزرق، تزداد الألوان بريقا ولمعانا كلما ارتفعت إلى قمة الهرم حتى تمتزج جميعها عند رأسه فيظهر بلون أبيض ناصع. اقترح (لامبير) استخدام هرمه الملون من قبل تجار الأقمشة وصناع الأنسجة لتقرير الألوان التي يتداولونها وآمن بإمكانية هرمه هذا من طرح تصور أوضح للطباعين والفنانين والرسامين في اختياراتهم لألوانهم وإحكام تناسقها.

وضع صاحبنا في عام (1772) تصوره الفذ لابتكار طريقة جديدة لرسم الخرائط بطريقة (الإسقاط- Map Projection) وهي الطريقة التي تُعرف اليوم بأسلوب (لامبير) للإسقاط المخروطي(Conicel Projection)، حيث تمتاز هذه الطريقة بإيجاد تماثل ممتاز بين الخرائط المرسومة على نموذج (للكرة) الأرضية وبين حقيقتها (المسطحة) على الأرض.. ومازال الرسامون والمصورون وإلى يومنا هذا يستخدمون (إسقاطات لامبير) ويعتبرونها من أفضل الإسقاطات لرسم أقطار الكرة الأرضية، لاسيما تلك الواقعة على خط الاستواء وخطوط العرض القريبة منه شمالا وجنوبا إذا ما رسمت بمحاور شرقية - غربية الاتجاه.

توفي (لامبير) عازباً في برلين عن عمر يناهز التاسعة والأربعين نتيجة لإصابته بداء السل الرئوي. أُطلق اسمه على إحدى فوهات القمر بقطر (30 كيلومترا) ووثق ذلك من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين في عام (1935)، كما أُطلق اسمه كذلك تكريما له على إحدى الفوهات الكبيرة الموجودة على سطح (كوكب المريخ).

تقمّصت فكرة الخوف من غزو فضائي للأرض حياة (لامبير) وتفكيره، وصار يحسب ويكتب احتمالاتها وأخطارها على الجنس البشري، قارنا ذلك بولعه الشديد بقوة العلم وما قد يكون رد فعله تجاه ذلك، إضافة إلى اهتمامه الواضح بكل ما يمت للعلم والعلماء من صلة. علقت الكاتبة (سارا شيشنر - Sara Schechner) على مخاوف (لامبير) وغيره من علماء تلك الحقبة في كتابها الشهير (حول المذنبات والحضارة وميلاد علم التنجيم الحديث) تقول:

((استقى الفلاسفة والمنجمون في تلك الفترة الزمنية شعابا جديدة من مصادر القوة واستلهموا روافد مبتكرة من النفوذ والسلطة استناداً إلى رسوخ الاعتقاد بعلاقة الكواكب والنجوم والنيازك ببداية ونهاية الحياة على هذا الكوكب! فلما كانت هذه المذنبات - حسب اعتقادهم - أدوات شيطانية غايتها تدمير العالم والاقتصاص منه أو (على الأقل) إعطاءه النذر والتحذيرات لتدارك خطاياه وتلافيها، فلقد أصبح للمنجمين والفلكيين (وبحكم اضطلاعهم بدراسة مسارات الكواكب والنجوم وخطوط سير المذنبات ومتى قد تسقط الشهب) صوتاً مسموعاً ورأيا مُهابا خصوصا

فيما يتعلق بصحة هذه النبوءة أو تلك)).

كتب (لامبير) في عام (1761) آراءه حول هذه المزاعم والاعتقادات في دورية (الموجز في التنجيم) قائلا:

((كنت ولازلت اعتقد بأهمية الفلكيين والمنجمين ودورهم (كأنبياء مختارون) جدد لإنقاذ العالم، كما كنت ولاأزال أؤمن أن في اختراع التلسكوب وسرعة نمو علم الفلك لمقدمات للنذر والكوارث القادمة وإلا كيف يمكنك أن تفسر هذا الكم من المعلومات وتراكمها في هذه الحقبة الزمنية بل وكيف يمكن للإلهام والوحي أن يصب في خاطر (كوبرنيكوس) تصوره حول تشكيل الكواكب ومداراتها، وكيف أوحيَ (لكبلر) قوانينه واشتقاقاتها، بل ومن ألقى في روع (نيوتن) تلك الهاجسة المرعبة حول قوة الجذب وسيطرتها على مسارات الشهاب ومدارات النيازك، لا تحيد عنها كما لا تحيد الكواكب والأقمار عن مداراتها؟ وإذا حدث وأن حادث فإن احتمالات تصادمها وتشظيها لا تبتعد عن تفسير قانون الجاذبية ذاته أيضاً؟! أعتقدُ جازماً ان كل ما سبق لابد وأن يصبّ في صالح الإنسان ويساعد جنسه البشري على استباق التنبؤ بالكوارث والأزمات الكونية، وقد يساعده فعلا على البقاء على قيد الحياة واستمرار رسالة البشرية والمحافظة على (بذرة) الخلق فيها، حتى وإن قُدّر للأرض أن تتبدل وتتغير أو تُمحى وتُدمّر!!)).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Folta, J., "Remarks on the Axiomatic Development of Mathematics in the Second Half of the Eighteenth Century," *DVT-Dejiny Ved a Techniky*, 6: 189–205, 1973.

Lambert, Johann, *Cosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaues* (Augsburg, 1761).

Schechner, Sara, *Comets, Popular Culture, and the Birth of Modern Cosmology* (Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1999).

Scriba, Christoph, "Johann Lambert," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• لم تُرنا الطبيعة إلى الآن إلا طارف ذيل الأسد، أنا أؤمن بضخامته وموقن من وجوده رغم عجزي عن رؤيته كاملا بلمحة واحدة. نحن نرى الأسد بعين البعوضة الجاثمة على طارف ذيله، ليس إلا.

اينشتين

Albert Einstein to Heinrich Zanger، March 10، 1914

من رسالة (لالبرت اينشتين) الى (هنريبيخ زانجر) في 10 مارس (آذار) 1914.

– في محاولاتنا لتطويع الحقيقة الفيزيائية للفهم وصياغة قوانيننا لها، هُدينا إلى مجموعتين:–

1 – الأولى هي مجموعة القوانين الوضعية التي تُفسر تصرف مختلف الكميات الفيزيائية، وتصاغ عادة على شكل معادلات تفاضلية.

2 – والثانية هي مجموعة الحدود التي تنبئنا بما يمكن أن يحدث في بعض جهات الكون خلال لحظات معينة من الزمن.

يدعي معظم الناس أن العلوم برمتها لا تتعدى المجموعة الأولى وستبلغ الفيزياء النظرية هدفها عندما ننجح في صياغة المجموعة الكاملة لقوانينها الوضعية.

هاوكنج

Stephen Hawking، (Black Holes and Baby Univers).

ستيفن هاوكنج من كتابه (الثقوب السوداء والكون الرضيع).

• العلم كالحياة – كلاهما عنقاوان[1] يُبعثان من رمادهما – تمحق الحقائق الجديدة قوانيننا القديمة، ثم

(1) Phoenix – طير خرافي مقدس من الأساطير التي تعود إلى (الفينيقيين – Phoenicians) وهم سكان لبنان القدماء وقد نسبوا إليه، كما ذكر في الأساطير الصينية والمصرية القديمة المقدسة كما جاء ذكره في الميثالوجيا الاغريقية. تمتاز العنقاء (وهي الترجمة العربية والفارسية له وكما جاء ذكره في (ألف ليلة وليلة) بريشها الملون البراق وذنبها الذهبي العملاق تعيش العنقاء من 500–1500 سنة تبني لنفسها في نهايتها عشاً وتحرق نفسها داخله حتى تتحول معه إلى رماد، ما تلبث أن تُبعث منه من جديد كعنقاء فتية لتعيش فترة جديدة تساوي سابقتها. تقول الأساطير الفرعونية القديمة بأن بيضتها توجد في مدينة (هيليوبولس – Heliopolis) الفرعونية المقدسة. وهو اسم يطلق على إحدى الولايات المتحدة الأمريكية اليوم. (المترجم).

في لحظة من التجلي والإلهام يلتئم البائد بالتليد، فتتولد قوانين حديثة من جديد.

جيمس

William James، (TheWill to Believe and Other Essays in Popular Philosophy).

وليام جيمس (إرادة الايمان ومقالات مبسطة في الفلسفة).

• لا نبخس (نحن الماديون) حق الأفكار وقدرتها أبدا. نؤمن فقط أنهن بنات بررة لعصبونات الدماغ، وهذا الدماغ – ببساطة لا يحتاج معجزة لعمله!

كروز

Frederick Crews، (Follies of the Wise)، Skeptical Inquirer،

فردريك كروز من (غباء الحكماء) دورية سكبتكال .Morchl/ April، 2007

انكوايرور عدد آذار/ نيسان 2007.

قانون بود لمسافات الكواكب

BODE'S LAW OF PLANETRY DISTANCES

ألمانيـــا، 1766

- يمكن توقع معدل المسافة بين الكواكب وشموسها باستخدام علاقة رقمية بسيطة.

محاور ذوات علاقة:

- الفلكـي (جوهـان دانيال – JOHANN DANIEL)، و(قانـون تايتيـوس – بـود THE TITIUS–BODE LAW)، والفيزيائـي السويسري ألماني الأصل (جوهان هنريخ لامبير – JOHANN HEINRICH LAMBERT).

من أحداث عام 1766:

أتم المساحـــان الإنكليزيـان: (شارل ميســن – Charles Mason) وجرميا دكسن – Jeremiah Dixon) رسـم الخـط الرابط بين ولايتي بنسلفانيـا وميريلاند الأمريكيتين، واعتُبر هذا الخط حداً فاصلا بين منطقتي الأحرار والعبيد في الولايات المتحدة الأمريكية.

نص القانون وشرحه:

يُبين قانون بود (والمعروف أيضا بقانون تايتييوس – بود) العلاقة التي يحسب بموجبها معدل بعد الكواكب عن الشمس، ولتوضيح ذلك دعنا نأخذ المتوالية الحسابية البسيطة (....48 ، 24 ، 12 ، 6 ، 3 ، 0) والتي تبين أن كل رقم فيها مساويا لضعف سابقه والآن أضف الرقم (4) لكل رقم واقسم الحاصل على (10)، ستحصل بذلك على المتوالية الحسابية التالية:

(.....77.2 ، 38.8 ، 19.6 ، 10.0 ، 5.2 ، 2.8 ، 1.6 ، 1.0 ، 0.7 ، 0.4) وهكذا.

والآن ألا تجـد أنه مـن المدهش (بل ومن العجيب حقا) أن ينص قانون بود: **على أن هذه المتوالية البسيطة هي التي تحكم معدل المسافة D – التي تفصل الكواكب المعروفة آنذاك عن الشمس!**، بل وتطلقهـا لحساب بعد أي من الكواكب الدائرة في فلكها والذي قـد يُكتشـف مستقبـلا. وحـدة القياس هنا هي ما يُعبر عنه [(بالوحدة الفلكية – وف –)، Astronomical Units – A U –)]،

وتعرّف الوحدة الفلكية بأنها معدل المسافة بين الأرض والشمس والتي تبلغ ما يقارب (92 960 000 ميلاً) والمساوية لـ (149 604 970 من الكيلومترات)، فعلى سبيل المثال: يقع عطارد (أقرب أجرام مجموعتنا الشمسية إليها – المترجم) على بعد ثلث وحدة فلكية من الشمس ويدور بلوتو الكوكب التاسع في عائلتنا الشمسية على بعد (39) وحدة فلكية عنها.

يُكتب قانون بود رياضياً على الشكل التالي:... $D = (N + 4) / 10$

حيث.....N = 0 ، 3 ، 6 ، 12 ، 24 ، 48

كما بالإمكان كتابته على الشكل التالي: $D = A + BC^n$

حيث A=0.4 ، B=0.3 ، C=2 ، .....n= 0،1،2،3،4، وهكذا

أول من اكتشف هذه العلاقة هو الفلكي الألماني [يوهان دانيال تايتيوس – (1796 – Johann Daniel Titius (1729] من مدينة (وتنبرك – Wittenberg)، وتمكن (بود) من نشرها بعد ست سنوات من اكتشافها. كانت توقعات القانون مدهشة حقاً في حينها، حيث إن الأرقام المحسوبة لبعد الكواكب المعروفة آنذاك أوشكت أن تطابق التكهنات الرياضية. (لاحظ جدول المسافات بالوحدات الفلكية).

جدول رقم 5: المسافات التي تفصل مختلف كواكب مجموعتنا الشمسية عنها مقدرة بالوحدات الفلكية وفـ– Astronomical Unit AU

دقة حسابات قانون بود بـ (الوحدات الفلكية)			
الكوكب	حسابات بود	المتوقع	المسافة الحقيقية
عطارد	0.4 + 0 (0.3)	0.4	0.39
الزهرة	0.4 + 1 (0.3)	0.7	0.72
الأرض	0.4 + 2 (0.3)	1.0	1.00
المريخ	0.4 + 4 (0.3)	1.6	1.52
سيرس	0.4 + 8 (0.3)	2.8	2.77
المشتري	0.4 + 16 (0.3)	5.2	5.20
زُحل	0.4 + 32 (0.3)	10.0	9.54
يورانوس	0.4 + 64 (0.3)	19.6	19.19
نبتون	(o.3) 124 + 0.4	38.8	30.07

فمثلا كان بعد عطارد (0.39) وحدة، والزهرة (0.72)، والأرض (1.0 بالطبع)، والمريخ (1.52)، والمشتري (5.2)، وزحل (9.55)، ولما اكتشف يورانوس عام (1781) وجاء معدل بعده عن الشمس مساويا لـ (19.2) وحدة وبتوافق كبير مع (قانون بود)، اعتبر العلماء والفلكيون ذلك نصرا مؤزرا للقانون ودليلا ساطعا على صحته ودافعا أكبر لاعتماده، أضف إلى ذلك أنه باكتشاف الجرم (سيرس – Ceres)[1] عام (1801) بمعدل مسافة مدارية مقدارها (2.77) وحدة فلكية وهو الرقم الذي (يجسر) على ما يبدو هوة الخطأ في حساب المسافة الفاصلة بين المريخ والمشتري عن الشمس انبهر الفلكيون لهذا التطابق المذهل بين الواقع والحساب، دفع هذا النجاح الظاهري المذهل(لقانون بود) العلماء إلى التنبؤ بوجود جُرم سماوي كبير يتبع مجموعتنا الشمسية ويقع ما وراء (يورانوس) على مسافة مقدرة بـ (28.8) وحدة فلكية. ولكن على عكس المتوقع ومما أدهش فلكيي تلك الحقبة أن يظهر كل من نبتون (المكتشف عام 1846) على مسافة مقدارها 30.07 وحدة وبلوتو (المكتشف عام 1930) على مسافة مقدارها 39.5 وحدة، وفي ذلك زيغ بين عن المسافة المتوقعة لظهورهما وهي 38.8، 77.2 وحدة فلكية على التوالي! وهنا لابد أن ألفت نظرك إلى أن قيمة الـ (38.8) وحدة المقترحة تقارب الـ (39.5) الحقيقية لبلوتو، ولكأنما أغفل (قانون بود) موقع (نبتون). أطلق (اتحاد الفلكيين العالمي) في عام (2006) تسمية جديدة على كل من سيرس وبلوتو وهي (الكواكب الأقزام).

حار الفلكيون في تفسير قابلية هذه المتوالية العددية البسيطة على التنبؤ بحقائق هائلة في نظامنا الشمسي، وآمن بعضهم بصحتها حتى أنهم ألمحوا إلى أن زيغ مسافات كل من (نبتون)

---

(1) Ceres– كان يسمى (Ceres 1) وهو أصغر (كويكب) في مجموعتنا الشمسية ويقع في منطقة (الحزام الكويكبي – Astroided Belt) التي تحتل المسافة ما بين كوكبي المريخ والمشترى ويكون (33%) من كتلته. اكتشفه الكاهن والرياضي والفلكي الإيطالي [كيوسب بيازي - Giuseppe Piuzzi (1746-1826)] في اليوم الأول من شهر كانون ثاني (يناير) من عام (1801). لقد ظل هذا (الكويكب) يعتبر الكوكب الثامن التابع لمجموعتنا الشمسية ولمدة نصف قرن. و(Ceres) هو اسم الآلة الرومانية الموكولة بالزراعة والإنبات والحصاد والحب (الأمومي). وسيرس هذا هو أكبر كويكب كروي منتظم بلب صخري وقشرة جليدية معروف –ولحد الآن– في مجموعتنا الشمسية. (المترجم).

و(بلوتو) عن قيمهما المحسوبة بموجب هذا القانون ما هو إلا دليلا على أن هذين الجرمين لم يعودا يحتلان مداريهما الطبيعيين في نظامنا الشمسي!

أما اليوم فيخامر التحفظ كثيرا من العلماء حول دقة ومصداقية (قانون بود)، ويؤكد آخرون أنه لا يرتقي حتى إلى مستوى القوانين كونية التطبيق كغيره من قوانين هذا الكتاب! ولعل الحساب الدقيق سيظهر (يقول آخرون) إن نتائجه لم تكن إلا تقريبا عاما أو حسابا لا يتعدى احتمال الصدفة المحضة.

لعلنا نجد في نظرية (الرنين المداري -Orbital Resonance) تفسيراً لتوزيع الكواكب حول الشمس يواسينا عما أصبنا به من خيبة أمل بخصوص ما سبق! وهنا يؤمن بعض الفلكيين بنظرية (الرنين المداري -Orbital Resonance) والذي يفترض حدوثه عند وجود جرمان يدوران بمدارين متناغمين برقم بسيط صحيح، عند ذاك يُسلط الجرمان، أحدهما على الآخر قوة جذب ثابتة. يُحتم وجود هذه الظاهرة بين الأجرام الدائرة حول الشمس وجود مجالات ومدارات لا تتمتع بصفة الاستقرار على المدى البعيد، وكثرة هذه المدارات غير المستقرة حول الشمس هو ما يفسر دوران الأجرام المعروفة في مداراتها الحالية واستقرارها فيها إلى أبد غير منظور.

للفضوليين فقط:

• يعود الفضل في تسمية الكوكب السابع في مجموعتنا باسمه الحالي (يورانوس) لبود، وهو اسم أحد الآلهة في الميثالوجيا الإغريقية. دأب يورانوس - Uranus - (الإله) على مضاجعة (الآلهة جايا - وهي الآلهة الأم - الأرض) كل ليلة حتى ملت منه، كما حرص على حبس كل أبنائه الصغار منها داخلها خوفا منهم ومن انتقامهم لأمهم منه. ضاقت (جايا) الأم ذرعا بزيارات (يورانوس) الليلية المتكررة والمزعجة فعمدت إلى الحيلة لتخلص نفسها من هذا الزائر الممل ولتحرمه لذة الأبوة لبنيه منها إمعانا في انتقامها منه.

ابتكرت (جايا) فكرة إغراء أحد أولادها وهو (كرونوس -Cronus) ليخدع أبيه

ويخصيه على أن يرمي بخصيتيه الممزقتين إلى جوف المحيط. دأب (يورانوس) منذ ذاك على الخوض في المحيطات بحثا عنهما، وعرف منذ ذلك الحين بإلـه المحيطات ولم يُر بعدها إلا وفي يده شوكة صيد!.

أقـوال مأثورة:

- لم يتمكن البروفيسور (بود) من تفسير قانونه ولا كيف يعمل ولكن كل من استطاع الجمع والضرب أيقن وبدون أدنى شك بصحة هذا القانون بالفعل.

لي

Willy Ley، (Watchers of the Skies).

مقتطف من كتابه (مراقبو السماء).

- قانون بود: لا هو بقانون ولا هو لبود!

لتمن

Mark Littmann، (Plancts Beyond)

مقتطف من كتابه ، الكوكب الأبعد.

- لا يوجـد مـا وراء المريخ إلا الفراغ ولم يفلح العلماء لحـد الآن في رؤية أي جرم هناك، فهل يُعقل أن يُغفل خالق الكون (سبحانه) هذا الفضاء ويترك هذا الفراغ خاليا؟ بالطبع لا! فابحثوا عما هنالك!

بود

Johann Bode، (Instruction for the Knowledge of the Starry Heavens)

يوهان بود - من كتابه - إرشادات لمعرفة أسرار السماوات ونجومها.

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولـد الفلكـي الألمانـي [يوهـان الرت بودوه – كما يلفـظ بالفرنسيـة – Johann Elert Bode (1747–1826)]، والذي اشتهر بصياغته للقانون المعروف باسمه والذي

يبين تناسب بُعد بعض الكواكب عن الشمس بأعداد بسيطة، في مدينة (هامبورك – Hamburg) بألمانيا لأب ألماني اشتغل بالتجارة. لا نعلم الكثير عن صباه ولكننا نعلم انه اشتهر بعيد عام (1768) بعد نشره لكتابه ذائع الصيت (Anleitung zur Kenntnis des Gestirnten Himmels)، (إرشادات لمعرفة أسرار السماوات ونجومها) حيث تضمن هذا الكتاب الشروح التفصيلية لقانونه الشمولي لحساب مسافات الكواكب عن الشمس والذي أغفل فيه – عن عمد – ذكر مكتشفه الحقيقي الفلكي الألماني (يوهان تايتيوس– Johann Titius).

لم يدرك (تايتيوس) أهمية اكتشافه للوهلة الأولى فكل ما سجله بشأنه كان ملاحظة صغيرة عابرة ذُيِّلت بها إحدى صفحات ترجمته الألمانية لكتاب عالم الطبيعيات (شارل بونيت– Charles Bonnet) المعنون – فهم الطبيعة – (Contemplation de la Nature).

لعبت الصدفة دورها فاكتشف (بود) تلك الملاحظة وحشرها في طبعته الجديدة لكتابه في الفلك بلا أدنى إشارة إلى (تايتيوس). كتب مارك ليتمن –Mark Littman) في كتابه (ما وراء الكواكب: قصة اكتشاف النظام الشمسي الخارجي) يصف ما حدث بقوله:

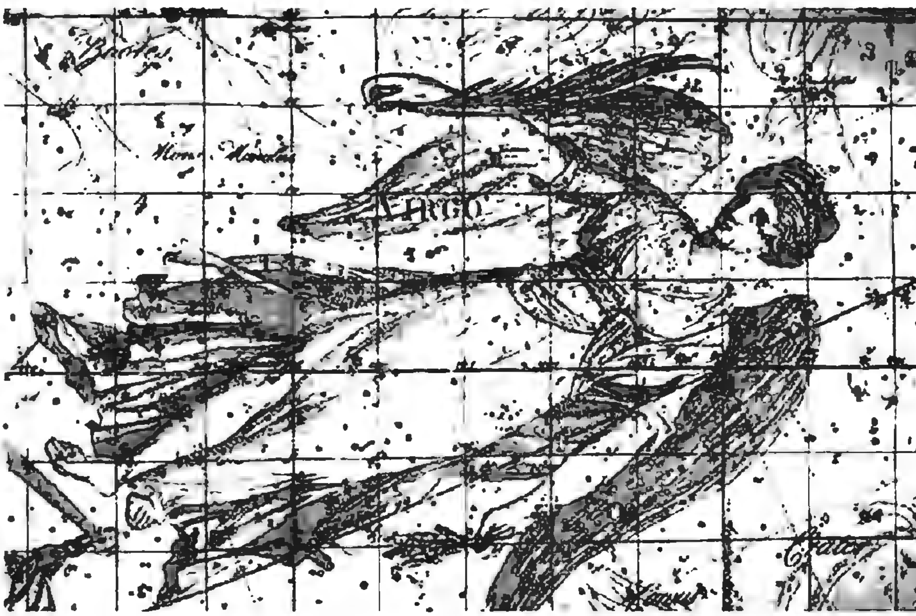
> ((من المنصف الجزم بأن تلك الملاحظة الفذة التي توصلت إليها عبقرية (تايتيوس) والتي طُمرت بين صفحات كتاب لمؤلف آخر لم تكن لترى النور لولا أن صادف وعثر عليها (بود). كان (بود) شابا مفعما بالحيوية، ألمعي الذكاء جاهد لتعليم نفسه ذاتياً فلم يكد يبلغ عامه الحادي والعشرين حتى أبهر العالم بكتابه الشهير (إرشادات لمعرفة أسرار السماوات ونجومها) وحاز إعجابه. حصل بود في عام (1772) على وظيفة (المحرر) لدى الأكاديمية الألمانية للعلوم، فعمل جاهدا لإعادة صياغة وإخراج دوريتها المعروفة (حوليات الفلك) والتي كانت ضعيفة التوزيع هزيلة الريع حينما استلمها. استطاع بجهوده الجبارة ومثابرته أن ينقذ تلك الدورية من خسائرها المالية المتراكمة حتى حققت أرباحا ملفتة، أما كيف تم له ذلك فكان من خلال إعادة تحرير مقالاتها وتصحيح أخطائها وإعادة إخراجها إضافة إلى تطعيمها بما جد من أخبار العلم

والعلماء حول العالم. وبعد نجاحه في إنقاذ (حوليات الفلك) تعاقدت أكاديمية برلين للعلوم معه على إجراء بعض الحسابات الرياضية المعقدة وعينته مديرا المرصد برلين. نشر في عام (1801) – وكان لايزال على رأس إدارة المرصد – كتابه ذائع الصيت (الشامل – Uranographia)، وأقل ما يقال عن (الشامل) هذا هو أنه أطلس آسر الجمال رائع الإخراج حرص (بود) فيه على إظهار مواضع كافة الكواكب والأجرام السماوية على صفحة السماء بأسلوب فني أخاذ، كما ذيله بلوحات فنية تمثل كافة التجمعات الشمسية الممكن رؤيتها من الأرض على صفحة السماء. تجلت عبقرية المؤلف والفنانون الذين استعان بهم وبقابلياتهم الفذة ودقتهم البارعة على إظهار كافة النجوم والكواكب، وقد طابقت أماكنها في أجسام الأبطال وأجزاء الحيوانات ومعالم الشخصيات الأسطورية والميثالوجية التي تمثلها بتناسق وتناسب مدهشين بين تلك التجمعات النجمية والتفاصيل التي تحمل أسماءها. نجح هذا المشروع أيما نجاح، الأمر الذي أغرى (بود) بإصدار تسمياته وتصوراته الخاصة عن المجاميع النجمية آنفة الذكر وألحقها في أطلسه بل موسوعته المسماة (الشامل)، فمثلا عمد إلى إطلاق اسم الآلة الكهربائية على إحدى التجمعات وقرنها برسم لمولد كهرباء ستاتيكي. لم تبلغ تصورات (بود) ورسومه درجة الروعة والكمال الذي ابتدعتهما العبقرية الرومانية بتصوير الآلهة الخوارق وإطلاق أسمائها وإسقاط مشاهدها على الكواكب والأجرام ولذا سرعان ما وجدت (مجاميع بود) ورسوماته طريقها سريعاً إلى زاوية النسيان)).

تضمن (الشامل) ثماني عشرة خارطة نجمية وإسقاطان قطبيان مع بعض التصحيحات التي تسمح بإظهار التجمعات النجمية غير ثابتة الظهور. وثق هذا السفر الفريد ما يقارب من (1700) نجمة، و (2500) سديم وجمع صورا ومواقع واحتوى أسماء كافة الأجرام التي سبق اكتشافها ورسمها خلال القرون السالفة.

يؤرخ (الشامل) كذلك لنهاية الحقبة الزمنية الطويلة التي دأب الفنانون والفلكيون خلالها على رسم وضم كل التجمعات النجمية في مجلد واحد، لأنه مع ضخامة هذا العمل

وتضخمـه،... لم يعد بالإمكان اعتباره المرجع الموحد والوحيـد لدراسة الفلكيين المحترفين والهـواة علـى قدم المساواة، إذ سرعان ما تنازل هذا العمـل الضخم الموحد (والذي ضم بين دفتيه كافة الأجرام بـلا استثناء وقد أسقطت على مواضعها تحف الرسوم الفنية للشخصيات والأبطال الأسطوريين) عن مكانته وفقد شعبيته ومبيعاته لصالح بناته من صغريات الأطالس وملحقـات الكتب المصورة والتـي حوت الواحدة منها عددا متواضعـا، سواء من المجاميع النجمية أو من الصور التوضيحية المرافقة لها.



المجموعة النجمية المسماة بكوكبة العذراء (Constellation Virgo). مقتبسة من كتاب وأطلس نجوم يوهان بود المسمى بـ (الشامل – Uranogrophia) والمنشور في عام (1801).

عمل بود سوية مع [يوهان هنريخ لامبير (1728–1777) Johann Heinrrich Lambert] (انظـر قانون لامبير للانبعاث الضوئي) على إصـدار (الكتاب الفلكي السنوي) وبعد ذلك أصدرا معا (كتاب برلين الفلكي السنوي)، هذا التقويم السنوي الرائع الذي واظبا على إصداره حتى وفاة (بود) في عام (1826).

اكتشـف عالمنا القدير خلال حياته العديد من السدم والتجمعات النجمية ولعل شهيته لذلـك قد تعدت حدودهـا لدرجة أنه أضاف مـن عنده وبلا تمحيـص العديد من تلك

الأجـرام الكونيـة والتجمعات الفلكيـة التي لا وجود لها في الواقـع. بلغ عدد الأجرام السماويـة التـي ادعى (بـود) اكتشافها وثبت أمكنتهـا (كذباً!) علـى خرائطه الفلكية عشـرون جرما! لم يكن لأي منهـا... ولم يستطع أحد بعده أن يثبت لها أي وجود! ومع ذلـك لا يمكن إغفال فضله في مراقبة العديد من المذنبات ووصفها، واستطاعته حساب مداراتها وإثباتها فعلا في موسوعته.

لقـد أُعجب (بود) أيما إعجاب بالكوكب الجديـد (يورانوس – Uranus) والذي كان قـد اكتشفه الفلكي الإنجليزي (ألمـاني المولد) [وليام هرشل (1822 – 1738) William Herchel] في عام (1781). ومن الطريف أن تبوء كل جهود هرشل هذا (وهو المكتشف الشرعـي للكوكب) لتسميه الكوكـب الجديد على هواه بالفشل، فلقـد حاول جاهدا منذ البدايـة إطـلاق اسم (نجمه جـورج – Georgium Sidus) عليه تيمنـا (بالملك جورج الثالـث) ملـك بريطانيا في تلك الفترة، ولكـن اقتراح بود وإصراره علـى إطلاق اسم الإله الروماني (يورانوس) عليه ظل قائما. ورغم أن العديد من فلكيي فرنسا كانوا قد بدؤوا (من جهتهـم فعلا) بتسمية هذا الكوكب باسم مكتشفـه كما جرت العادة في تسمية الكواكب المكتشفـة حديثـا إلا أن ثبات (بـود) على رأيه وطول نفسه وإلحاحه مـا لبث أن رأى النور أخيرا في عام (1850)، فلم يعد كوكبنا يُعرف إلا باسمه الحالي (يورانوس).

عكف (بود) على جمع الملاحظات الفلكية المتوفرة حول كوكبه الأثير إلى قلبه وعمل على نشرهـا في دوريتـه المحبوبة (كتابه الفلكي السنوي)، ومع تعمقـه في دراساته وتقصيه أدرك أن أول مـن راقب هـذا الكوكب بدقة وسجل ملاحظاته حوله كان الفلكي الألماني [توبياس مايـر (1762 – 1723) Tobias Myer] في عـام (1756) لم يسبقه في ذلك إلا الفلكي البريطـاني [جـون فلامستيـد (1719 – 1646) John Flamsteed] في عام (1690) والـذي كان أيضا قد راقبه بدقة وثبّـت مداراته في مذكراته الفلكية ولكن تحت اسم آخر هو النجم (تايوري 34 – Star Tauri).

استمـرت حياة (بـود) حافلة بالشهرة والإنجـازات العلمية والفلكيـة فانتخب عضوا في

أكاديمية برلين عام (1786). ولكن القدر لم يمهله كثيراً فما ما لبث أن وافته المنية في العام التالي وهو عاكف على إتمام كتابه الفلكي السنوي لعام(1830).

سُميت إحدى فوهات القمر والبالغ قطرها (18 كيلومترا) باسمه وتمت المصادقة على التسمية من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين في عام (1935) كما سمي السديم الذي اكتشفه عام (1923) باسمه أيضاً، أضف إلى ذلك تسمية المجرة (رقم M81) والتي اكتشفها بنفسه باسمه فصارت تُعرف الآن [بسديم أو مجرة بود – Bode's Nebula or Bode's Galaxy] تيمنا به كذلك.

بانت معالم الإيمان (لبود) جلية في العديد من منشورات الكاتب (دافيد دارلنك – David Darling) الذي كتب يقول:

((آمن بود أنه لابد وأن تكون كافة الأجرام العظيمة في السماء (كالشمس والنجوم والكواكب والأقمار وحتى المذنبات)مأهولة بالسكان، كما أكد على أن إيجاد وجود الكائنات الذكية العاقلة لابد وأن تكون (غاية الخالق الأسمى من خلقه)، وأن أشكال الحياة تلك في طول الكون وعرضه لابد وأن تكون مؤهلة لإدراك موجدهم وخالقهم كما ولابد أن تكون لهم (بالضرورة) ملكة حمده على نعمة خلقه لهم وإيجاده إياهم)).

تساءل بود كذلك – في محضر رده على من اعتبر الظروف الكونية غير ملائمة للحياة على سطح الكواكب والشموس والمذنبات – مستفسراً:

((من منا يستطيع إثبات عجز الخالق على تهيئة الظروف الخاصة، والأجواء الملائمة، والإحداثيات المناسبة لتكون بشكل أو بآخر مناسبة لحياة سكان أي من تلك الأجرام السماوية كل حسب حاجاته واحتياجاته؟)).

لقد آمن (بود)كذلك باحتمالية (نهائية الكون المحسوس)، ولكنه ظل موقناً أنه لابد للكون المحدود مهما عَظُم من خالق إله يفوق ما خلق قدرةً ويبز ما أوجد إدراكاً وحكمةً.

مصادر اضافية وقراءات أخرى:

Darling, David, "Bode, Johann Elert (1747–1826)," in *Encyclopedia of Astrobiology, Astronomy and Spaceflight*; see www.daviddarling.info/encyclopedia/B/Bode.html.

Frommert, Hartmut, and Christine Kronberg, "Johann Elert Bode (January 19, 1747–November 23, 1826)," SEDS (Students for the Exploration and Development of Space); see www.seds.org/messier/Xtra/Bios/bode.html.

Littmann, Mark, *Planets Beyond: Discovering the Outer Solar System* (New York: Courier Dover Publications, 2004).

Sticker, Bernhard, "Johann Bode," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

أفكار فلسفية و آراء للمناقشة:

• ما هي النظرية؟ النظرية كما أراها هي جملة موزونة تحيي حقيقة، هذه الحقيقة لا تزال مفترضة (غير مثبتة) ولكن مجرد وضعها يزيل أدنى شك عن حقيقة وجودها فعلا وما تعنيه.

اينشتين

Albert Einstein to Edward Study، September 25، 1918.

من رسالة لالبرت اينشتين إلى ادوارد ستدي - سبتمبر 25، 1918.

• لقد خامرتني ومنذ أمد بعيد فكرة وجود (النظرية الفيزيائية النهائية)، لا أخالني أرى الآن انفراجاً لكافة أسرار الفيزياء إلا كما أرى حسابا كاملا لكافة احتمالات لعب الشطرنج والنرد والطاولة وغيرها بحيث يزيل تعقيداتها كلها جميعاً! في تلك اللحظة لن تكون الفيزياء بحاجة إلى الرياضيات. فسيتم فهم آلية الكون بقوانين فيزيائية بسيطة.

فينمن

Richard Feynmann، (The Character of physical law).

مقتطف من كتاب ريتشارد فينمان - خصوصية القانون الفيزيائي.

• لن تجد قوانين الطبيعة مكتوبة بنور على قارعة الطريق!! لابد أن تباري بذهنك وتساؤلاته كل مكرها ومناورات اختبائها وعليك أن تستقطر غايتك من عمق خوافيها ومن طلاسم دواخلها!!..

فهل أنت أهل لهذه المنازلة؟

ديوي

John Dewey، (Reconstruction in Philosophy).

جون ديوي - من كتابه (إعادة التشكيل في الفلسفة).

• إذا أنت استبعدت وجود الإله الخالق (سبحانه) معنا في (عالمنا الطبيعي) هذا، واعتبرته (ما فوق الطبيعي)، فما يمنعه في حالات محددة أن يقرر (إتحاف) عالمنا الطبيعي بصنائع أرادها هو،... لابد وأن تظهر لنا كمعجزات؟ أما إذا آمنت بوجوده وبوضعه لقوانين الطبيعة (وهو من ضمنها).. فما الذي يمنعه (وفي لحظة ما،... وإذا ما رأى ضرورة لذلك) من تغيرها أو إيقافها لبرهة من الزمن؟ ألن تحدث حينذاك ما سنعتبره معجزة بمفهومنا (الطبيعي) للعالم؟

كولنز

Francis Collins، (God vs. Science)، an interview، Time، November 13، 2003.

فرانسس كولنز (الله والعلم) مقابلة في مجلة TIME تايم عدد نوفمبر13، 2006.

• لا إطلاق أبدا في بنية ولا في أساسيات العلم كما نراه بمنظورنا الموضوعي. لا يستند العلم بأي حال من الأحوال على (صخرة) مفاهيم صلدة لا تُقهر، لا بل يرتفع صرح نظرياته، خلابة الجمال، متناسقة البناء عالياً، رويداً رويداً فوق أرض رملية هشة!

هل سبق لك وأن شاهدت بناء مترفا شاهقا يرتفع فوق أرض رملية هشة؟ إنه يرتفع فقط على دعاماته المغروزة عميقا داخل التربة الرخوة. ستظل الأرض الرملية رخوة وستبقى الأعمدة بعيدة عن أية قاعدة حجرية صلبة. نتوقف عن الحفر ونرضى بفخامة بنائنا الشامخ ونطمئن على سلامته، لأننا دفعنا دعائمنا فقط إلى الحد الذي يكسبها التماسك والصلابة وإلى الحد الذي نطمئن على استقرارها لعمل بنائنا المنشود إلى فترة محددة زمنيا وبمواصفات محسوبة مسبقا. لن يرتفع أي بناء لأننا وصلنا (بأساساتنا وباطمئنان) إلى ما لا جدال عن صلابته آملين أنه سيضمن صموده إلى الأبد وتحت كافة الظروف.

بوبر

Carl Popper، (The logic of Scientific Discovery)

كارل بوبر في (منطق الاكتشاف العلمي).

• إذا آمنا بالمنطق القائل بأن كل ما حصلنا عليه من علوم ومعرفة ما هو إلا نتاج حواسنا (الخمسة) وخلالها، (رغم قصورها)... فلابد لنا أن نُسلم (منطقياً أيضا) بأن كل قوانيننا وما نستشعره من الطبيعة بواسطتها ما هي إلا نتائج قاصرة البيان، محدودة التطبيق، بعيدة عن الخلود كأفضل احتمال.

برسك

Robert Pirsig, (Zen and the Art of Motorcycle Maintenance).

مقتطف من كتاب (زين وفن صيانة الدراجات) لروبرت برسك.

• ينحصر واجب الفيزيائي في اكتشاف قوانين الكون الأساسية والتي بالإمكان توقع تصرفاته لاحقاً من خلالها. لا يمكننا تحديد منهاج منطقي مقنن ولا وسيلة قائمة بذاتها لاكتشاف تلك القوانين، وكل ما يمكننا الاعتماد عليه في ذلك هو الإلهام والبصيرة والفهم العميق لكنه التجارب وحيثياتها. وإذا كان الحال كذلك؛ فسيكون بإمكان هذا المنهج (المبني على الشك والتتبع العلمي والمنطقي)، أن يبدع لنا أي عدد محتمل من النظم الفيزيائية النظرية المعقولة منطقاً والمقبولة فهماً، كلها صامدة للنقاش، وقابلة للاختبار، ومقبولة للمنطق ومحكمة بالحساب. أي أنها (كلّها) ستكون صحيحة نظريا.. ولكن أثبت تطور الفيزياء التجريبية وواقع تصرف الكون.. أنه وفي أي لحظة من لحظات الزمن لا يمكن قطعا (من بين كل ما يمكن للذهن البشري إبداعه من نظم ونظريات) إلا لإحداها فقط أن تنال كأس السبق وأن تتبوأ موقع الصدارة، وأن تثبت جدارتها وصمودها أمام كافة التجارب العلمية والعملية وتوقعاتها.. وهكذا يختار الكون لغة واحدة فقط يكلمنا بها، قد نفهمها إذا أصغينا إليه بذكاء وباهتمام.

اينشتين

Albert Einstein, (Principles of Research).

البرت اينشتين في (مبادئ البحث).

قانون كولوم للكهربائية المستقرة

COULOMB'S LAW OF ELECTROSTATICS

فرنسا، 1785

تتناسب قوتي التجاذب والتنافر بين شحنتين كهربائيتين مستقرتين طرديا مع مقداريهما وعكسيا مع مربع المسافة بينهما.

محاور ذرات علاقة:

(قانون نيوتن للجذب العام – NEWTON'S LAW OF UNIVERSAL GRAVITATION)، و(نظرية انشتين – EINSTEIN'S SPECIAL THEORY OF RELETIVITY) للنسبية الخاصة، و(قانون كولوم للاحتكاك – COULOMB'S LAW OF FRICTION).

من أحداث عام (1785)

- أصدر لويس السادس عشر ملك فرنسا قانونه الشهير بحظر تداول كافة المناديل أو استعمالها ما لم تكن مربعة الشكل!
- تم ولأول مرة عبور القنال الإنكليزي ببالون طائر من قبل الفرنسي (جين – بيير بلانشار – Jean – Pierre Blanchard) والأمريكي (جون جيفريس – John Jeffries).
- تم قبول الدولار كعملة رسمية لعموم الولايات المتحدة الأمريكية.

نص القانون وشرحه:

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2},$$

يبلغ مقدار القوة بين شحنتين نقطتين في فراغ حر القيمة «(F)»؛ حيث:

q_1 و q_2 مقدار الشحنتين مقاستان بوحدة للكولوم.

و r المسافة الفاصلة بينهما بالمتر، و ε_0 ثابت الحرية الفراغية ويساوي (8.85×10مرفوعة إلى القوة السالبة 9 فاراد/متر) و (F) مقدار القوة مقاسة بوحدة النيوتن.

يُرمز للكولوم بالحرف (C) ويُعرّف بأنه مقدار الشحنة المارة عبر نقطة في سلك خلال ثانية واحدة عند تسليط تيار عليه يبلغ أمبيراً واحداً.

أي أن (1C=1A×s)، حيث (A) هي وحدة التيار بالأمبير و (s) وتعني ثانية زمنية واحدة. (وهنا لا بأس أن نُذكر بأن قوة التنافر تبعد أي شحنتين متماثلتين بينما تُقربهما قوة التجاذب متى ما اختلفتا).

يظهـر لنا القانون تناسب القوة (F) طرديا مع حاصل ضرب شحنة الجسمين وعكسيا مع مربع المسافة بينهما مقاسة على طول الخط الوهمي المستقيم الواصل بين مركز الشحنتين.

وبالإمـكان جمع قيم الشحنات جبريـا عند تواجد الإلكترونـات والبروتونات في موقع واحـد، كما وتعتبر كافة الشحنات والأجسام المشحونة في الطبيعة مضاعفات كاملة عدديا لقيمـة أي مـن شحنتي الألكتـرون أو البروتون المتساويتان قيمة والمختلفتان إشارة[1].

يُرمز لكل من شحنتي الألكترون والبروتون بـ Q e ، Qp على التوالي وتبلغ قيمتاهما:

$$Q_e = -(1.60217733 \pm 0.00000049) \times 10^{-19}$$

من الكولوم الواحد...

$$Q_p = +(1.60217733 \pm 0.00000049) \times 10^{-19}$$

من الكولوم الواحد كذلك.

قـام عالـم الفيزيـاء النوويـة المعـروف [ارنسـت رذر فـورد (1937 – 1871) Ernest Rutherford] بإجـراء العديـد من التجارب على جزيئات (ألفا)[2] واستطاع

(1) يستثنى من ذلك (الكواركات –Querks) التي بإمكانها أن تحمل كسورا من وحدة الشحنة – (المترجم)

(2) جزيئـات ألفـا هـو الاسم الذي يطلق علـى أنوية غاز الهيليـوم والتي تتألف الواحـدة منها من بروتونـين ونيوترونين فقط – (المترجم).

إثبات دقة (قانون كولوم) على جزيئات لا تفصل بينها إلا أبعاد ذرية ضئيلة جدا – كأن لا تتعدى قيمة (r) الـ (10 مرفوعة إلى الأس السالب 12) سنتيمترا.

وبالمثل أثبتت التجارب الحديثة صحة تطبيقات (قانون كولوم)على مدى هائل من الأبعاد الفاصلة بين الجزيئات والأجسام مما يقارب من البيكو (Pico) المتر (– وهذا ما يساوي جزءا واحدا من 100 مليار (أي مليون مليون) جزء من السنتيمتر الواحد (أي ما يعادل حوالي عُشر ($^1/_{10}$) قطر نواة ذرة الهيليوم)وحتى إلى (أي مسافة فاصلة تبلغ المليون متر)، ومن الواجب في هذا السياق التنويه إلى أن دقة (**قانون كولوم**) تعتمد أساسا على استقرار الشحنات (بمعنى انعدام حركتها)، وذلك لما للحركة من تأثير وتغيير في قيم الشحنات نتيجة لما يصاحبها من حقول مغناطيسية محتثة.

تعتبر قيمة (الكولوم الواحد) من الشحنة الكهربائية المستقرة كمية كبيرة جدا مقارنة بما يحمله الألكترون الواحد منها، ولإدراك قيمة وتأثير شحنة (الكولوم الواحد) دعني أسوق لك المثال التقريبي التالي: إذا افترضنا وجود جسمين على أحدهما شحنة موجبة مقدارها كولوم واحد وعلى الآخر عين المقدار، ولكن بعكس الإشارة ويفصل بينهما متر واحد، فلك حينذاك أن تتخيل مصير جسم ثالث بينهما وهو يسحق بقوة صافية مقدارها ألف مليون نيوتن والتي تعادل مليونا من الأطنان!

ولهذا يستعيض العلماء – بعد ما تبينت لهم ضخامة وحدة الكولوم بوحدات قياس أصغر كالميكروكولوم المساوي لجزء من مليون جزء منه ($10^{-6}C$)، أوالبيكوكولوم والمساوية لجزء من مليون مليون جزء منه ($10^{-12}C$)،، وإلا فهم غالبا ما يستخدمون قيمة شحنة الألكترون نفسها (1.602×10^{-19} C) e من الكولوم كوحدة للقياس.

يطلق العلماء على كل من (قانوني كولوم) في الكهربائية المستقرة و(نيوتن في الجذب العام) اسم (قانوني الفعل عن بعد) بمعنى اشتراط انعدام وجود أي عامل ثالث خلاف الشحنات نفسها والمسافة الفاصلة بينها. (وللتذكير هنا نقول إن قانون نيوتن يحدد قوى التجاذب بين كتلتين m_2 ، m_1 تفصلهما مسافة محدد بـ ($F = m_1 m_2/r^2$) أما مقدار القوة الناتجة عن الجاذبية الأرضية فيحددها القانون ($F_g = Gm_1 m_2/r^2$) حيث F_g هي قوة الجاذبية

الأرضية و G هو مقدار التعجيل الأرضي).

تُظهر الملاحظة العابرة لقانوني (كولوم) و(نيوتن) التشابه الملفت بينهما، فكلا قوتي الجاذبية والكهربائية المستقرة تتناسب طرديا مع حاصل ضرب مقداريهما (كتلة كانت أم شحنة) وعكسيا مع مربع المسافة الفاصلة بينهما، وقد يخطر على بال الدارس المبتدئ للقانونين أن القوى المنصوص عليها فيهما آنية التأثير عند تغير موقع الأجسام ذوات العلاقة، إلا أن الواقع يناقض ذلك؛ بمعنى إذا تحركت إحدى شحنتين (أو إحدى كتلتين) حسب قانون كولوم (أو نيوتن) فلابد للقوة المسلطة على الأخرى أن تحدث تأثيرها ولكن بعد وجود فاصل زمني محدد بالاستناد إلى دراستنا للنظرية النسبية الخاصة لانشتين.

دعنا نوضح ما سبق فنقول إنه لا يمكن لسرعة أية إشارة (حسب نظرية اينشتين) أن تتخطى سرعة الضوء، بمعنى إذا ما تحركت أية شحنة فلابد أن يمر بعض الوقت (مهما ضؤل) لإحساس الأخرى بها. وبنفس المنظور إذا ما تخيلنا (اختفاء) أي شحنة أو انقطاعها عن تجربة قائمة، فلابد للشحنة الأخرى أن تتأثر بذلك... ولكن بعد حين! يصدق هذا التأثير على الكتل التي تشدها الجاذبية بعضها إلى بعض، كحال الأرض في دورانها حول الشمس أو القمر وهو يدور حول الأرض؛ فإذا ما قدر للشمس أن تزال (في لحظة من الزمن!) فإن الأرض المتأثرة بجاذبيتها ستستمر بالدوران حول الشمس (المفقودة) لعدة دقائق أخرى لأنه لا يمكن لتأثير الجاذبية أن ينتقل إلى الأرض بسرعة أكبر من سرعة الضوء (ثمان دقائق ونيف في هذه الحالة)، وعليه يستمر أي جسم بتأثره بمفعول القوة المسلطة عليه من قبل اي جسم آخر (كهربائية كانت أم جاذبية) لفترة تطول أم تقصر وكان الجسم المفقود لا يزال موجوداً.

بالرغم من وجود بعض التشابه بين قانوني (كولوم للشحنات) و(نيوتن للجذب العام) – فإن الاختلاف بينهما بيِّن، فبإمكان قوى كولوم أن تكون جاذبة أو نافرة بينما لا يمكن لقوى الجاذبية إلا أن تكون جاذبة. كذلك تعتمد مقادير قوى كولوم على الوسط الفاصل بين الشحنات، بينما لا يكون الحال كذلك بالنسبة لقوى (نيوتن)، وعليه يصبح بإمكاننا على سبيل المثال إعادة كتابة (قانون كولوم) وجعله أكثر شمولية بابدال (ε) بدل (ε_0)

في القانــون السابق، عندما تكون المطاوعة الكهربائية ($\mathcal{E}$) هــي الصفة الكهربائية للوسط المحيط بالشحنتين ويمثــل $\mathcal{E}_0$ رمز المطاوعة الكهربائية للفراغ، فعندما تتساوى قيمتي ($\mathcal{E}$) و ($\mathcal{E}_0$)، سيكون

$$\boxed{k = \frac{1}{4\pi\varepsilon}.}$$

فسيبلغ الثابت K والمسمى ثابت كولوم قيمة مقدارها ($9\times10^9\ N.m^2/C^2$)

ومن المعلوم عمليا أن للأوساط الناقلة للكهرباء قيم مطاوعة كهربائية تفوق ε_0 وهي (قيمة المطاوعــة الكهربائية للفراغ) ويعود سبب ذلك لخلو الفراغ – بطبيعة الحال – من أي وسط ناقل للشحنة فلابد لقيمة مطاوعته الكهربائية أن تكون أقل من قيمتها لأي وسط ناقل آخر. يفترض العلمــاء إجراء تجاربهم في الفــراغ إذا ما تم إجراؤها في الهــواء الجاف اعتمادا على حقيقة أن مطاوعة الهواء الجاف الكهربائية تكاد تساوي تلك التي للفراغ، ففي هذه الحالات تحسب قيمة المطاوعة الكهربائية لكافة المواد منسوبة لقيمتها في الفراغ. والآن إذا فرضنا أن المطاوعة الكهربائية النسبية لوسط ما تساوي(ε_r)، فإن مطاوعته الكهربائية المطلقة ستحسب كحاصل ضرب ($\times$) قيمتي (ε_0) $\times$ (ε_r)

يرينا الجدول رقم (6) قيم المطاوعة الكهربائية النسبية لبعض المواد في درجة حرارة الغرفة، علما أنها قابلة للتغيير اعتمادا على درجة حرارتها وتركيبها فللأنواع المختلفة من الورق مجال بيّن من قيم المطاوعة الكهربائية على سبيل المثال.

لابد من الإشارة إلى أن دقة (قانون كولوم) تعتمد على حقيقة كون كافة الشحنات المدروسة نقطية بطبيعتها، بمعنى اختزال مقدارها ومكان تواجدها إلى مجال متناهي الصغر من الفراغ. وبمــا أننا نعلم وجوب تموضع الشحنات في كافة تجارب عالمنــا الواقعي على أجسام أبعادها محسوبــة، عندها يصح استخدام (**قانــون كولوم**) على تلك الأجسام، فقــط إذا كانت أبعادها صغيرة جدا مقارنة بالمسافة الفاصلة بين مراكز شحناتها.

أعيــدت صياغة هذا القانون في العصور الحديثة ليمكن تطبيقه على الشحنات غير النقطية بإدخال العمليات التفاضلية والتكاملية على أصل صيغة القانون مع الاحتفاظ بتسميته:

الجدول رقم 6: ويمثل مقدار المطاوعة الكهربائية النسبية (ε_r) لعدد من المواد الشائعة.

يمثل مقدار المطاوعة الكهربائية النسبية (ε_r) لعدد من المواد الشائعة		
Material	Approximate Relative Permittivity Values، ε_r، at 300 °K	اسم المادة
Vacuum	1 (by definition)	الفراغ (حسب الاتفاق)
Air	1.0005	الهواء
Polyethylene	2،2	البولي إثيلين
Lucite (trade name for a clear plastic)	2،8	البلاستيك
Cocaine	3،1	الكوكايين
Paper	3،3	الورق
Mica، muscovite	5،4	المايكسا
Rubber، Neoprene	6،6	المطاط
Bone، cancellous (spongy)	26	العظام الإسفنجية
Methyl alcohol	32	الكحول المثيلي
Brain، gray matter	56	المادة السنجانية من الدماغ
Water (20 C)	80	الماء
Lead titanate	200	تيتانيات الرصاص

وفي الختام لابد من الإشارة ولو بسرعة إلى مفعول قوة مهمة جدا هي قوى الجذب الذرية، فمن الملاحظ عدم تاثر البروتونات موجبة الشحنة من داخل نواة الذرة إلى خارجها رغم عظم قوة كولوم النافرة التي تحملها، يعود الفضل في ذلك لقوى الجذب الذرية التي تؤكد فعلها بضم البروتونات بشدة إلى بعضها داخل النواة وتمنع تطايرها وتحافظ على استقرارها لتفوقها على الأولى.

دعني أنهي هذا القسم بمسألة بسيطة لتوضيح أثر قانون كولوم حسابيا.

لنفترض تعليق كرتين متماثلتين بالكتلة (0.20) غرام لكل منهما، من عين النقطة أسفل سقف بواسطة خيطين يبلغ طول الواحد منهما 50 سنتيمترا. والآن بالنظر لتشابه شحنتي الكرتين فإنهما ستتدليان من السقف دون أن تمسّ إحداهما الأخرى وسيفصل كلا الخيطين

عـن العمود النـازل من السقف زاويـة ومقدارها (37 درجـة). ولحل المسألـة، ارسم مثلثا متساوي الساقين فيكون رأسه نقطة ثبات الخطين في السقف ونهاية ساقيه المتساويين موقعي الكرتين في الفراغ، فإذا فرضنا تساوي الشحنتين أمكن حساب قيمتيهما.

وتستعمل القيم المثلثية البسيطة لحل هذه المسألة علما بأن وزن أي جسم يساوي كتلته m مضروبة في سرعة التعجيل الأرضي g ويساوي ($9.8m / sec^2$) والآن لننظر أولا إلى الكرة على الجهة اليسرى ونحلل القوى المسلطة عليها فسنجدها ثلاثة؛ وزنها إلى الأسفل (mg)، قُوة الشد على الخيط المربوط بها (T)، والقوى النافرة لها (F) والمسلطة عليها من قبل الكرة التي هي على اليمين. تتساوى القوتان على المحورين السيني والصادي بالنظر لاستقرار النموذج.

تحسب القوة على المحور السيني هكذا،

$$F_x - 0.6T = 0$$

وتحسب القوة على المحور الصادي هكذا،

$$0.8T - (0.2)(10^{-3}\ kg)\ (9.8\ m/s^2) = 0$$

وعند مساواة الحدين، نحصل على قيمة المجهول (T) كما يلي:

$T = 2.45 \times 10^{-3}\ N$ وعند تكملة الحل ...

سنحصل على المجهول.... $F_x = 1.47\ x\ 10^{-3}\ N$

ونستطيع حساب القوة (F_x) فنقول $F_x = 1.47\ x\ 10^{-3}\ N$ وتمثل قوة النفور بين الكرتين.

وبتعويضها في قانون كولوم يمكننا حساب الشحنة الكهربائية على الكرتين كالآتي:

$$1.47 \times 10^{-3} = (9 \times 10^9)\frac{q^2}{(0.60)^2}$$

أمكـن إيجاد المسافة بين الكرتـين (0.60 م) بحساب المثلثات لطـول الخيط مقداره (50 سنتيمـترا) وزاوية مقدارها (37 درجة)، وبحل المعادلة لإيجاد (q) نجدها تساوي [$2.4 \times$ (10 مرفوعة إلى القوة السالبة 7)] كولوم تقريبا أو (2.4 مايكرو كولوم) وهي

الوحدة التي يرمز لها بـ (μC).

ومن نافلة القول إن القوة المسلطة على أية شحنة نقطية تشكل عنصرا من مجموع شحنات متعددة هي محصلة المجموع الجبري للشحنات التي يحملها كل عنصر من عناصر المجموعة.

للفضوليين فقط:

- كان لعبقرية كولوم الهندسية الدور الفعال في إعادة الخصوبة (لمارتيتيك – Martinique) وهي إحدى جزر الكاريبي.
- تعتبر yC (الياكتو كولوم) هي الوحدة الرسمية المساوية لـ (10 مرفوعة إلى القوة السالبة 24) من الكولوم.
- ربح الجائزة المقدمة من قبل أكاديمية العلوم لأفضل طريقة لصناعة بوصلة السفن.

أقوال مأثورة:

– يعتبر كولوم الموجد الحقيقي لعلم الاحتكاك بالنظر لإسهاماته العبقرية وإضافاته الفذة لهذا العلم.

كراكلسكي وشدروف

I.V Kragelsky and V.S. Schedrov، (Development of the Science of Friction).

أ. ف كراكلسكي و ف. س. شدروف من كتابيهما (تطور علم الاحتكاك).

– يمكننا اعتبار كولوم – ومن دون أي شك – أحد مهندسي أوربا العظام في القرن الثامن عشر.

كلمور

C. Stewart Gillmor، (Charles Coulomb)، in The Dictionary of Scientific Biography.

مقتطف من تعليق س. سيتوات كلمور - تحت اسم شارل كولوم - في معجم سير العلماء الذاتية

– من منا يستطيع نسيان مزحة كولوم أمام أعضاء أكاديمية علوم باريس عام 1773 حينما ناقش أمامهم

نظريته الرائدة في ميكانيك التربة؟

تيريس ميني وماثيوترشويل

Terence Meany and Matthew Tirschwell، (The Complete Idiot's Guide to Electrical Repaire.)

من كتاب مرشد الأغبياء الكامل لإصلاح الكهربائيات.

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

[شارل – اوكستين دو كولوم (1806 – 1736) Charles – Augustin de Coulomb] فيزيائي فرنسي اشتهر بقانون القوى التي تحكم شحنتين كهربائيتين، ويعتبر واحداً من ألمع الفيزيائيين والمهندسين على مر العصور. لقد طورت إسهاماته الفذة علوم الكهربائية والمغناطيسية والميكانيك التطبيقية وعلمي الاحتكاك والعزوم.

وُلد كولوم في مدينة (انكوليم – Angonleme) جنوب شرق فرنسا لأسرة ميسورة، هاجرت لاحقا إلى باريس حيث التحق هو بكلية (مازارين – Mazarin) واستطاع أن يحصل على تعليم جامعي رفيع المستوى في الإنسانيات والرياضيات إضافة إلى الفلك وعلوم الكيمياء.

خسر والد (كولوم) كل ثروته وممتلكاته في إحدى مضاربات السوق الأمر الذي خلق أزمة مالية واجتماعية حقيقية داخل العائلة سرعان ما تطورت وأدت إلى فض عُرى العائلة بكاملها على إثر الخلافات الحادة بين الولد وأمه حول تقرير مستقبله وخطط إنقاذ العائلة المنهارة. صاحب الوالد ابنه إلى مدينة (مونبيليه) إثر انفصالهما عن الأم التي أصرت على البقاء في باريس، وتذكر المصادر بعضاً من تفاصيل الشقاق بين الأم وولدها وتعزوه إلى إصرار الأم وعزمها على إلحاقه بكلية الطب لضمان مستقبله في مهنة مستقرة على حين أصر الابن على دراسة الرياضيات والهندسة متعللا بولعه بعلم الحساب وقياس (الحقائق الملموسة)، هذا التعليل الذي لم يُقنع الأم بل زاد من حنقها وغضبها على ولدها (العاق) إلى درجة أن تبرأت منه رسمياً ونهائياً.

قُبل كولوم عام (1760) في مدرسة الهندسة والإنشاء وتخرج برتبة ملازم وانضم إلى عصبة المهندسين. عُين خلال العشرين سنة التالية لتخرجه في العديد من الوظائف وأُرسل إلى العديد من الأماكن حيث شارك فعليا في هندسة المباني وتصميم الدعامات ودراسة ميكانيك التربة، حيث

أمضى (كولوم) – على سبيل المثال – سنوات عدة كمهندس حربي في منطقة (جبال الانديز الغربية) قبل أن يعود إلى فرنسا ويعكف على كتابة بحوثه المهمة حول الميكانيك التطبيقية.

شهد عام (1777) اختراع (كولوم) لقبّان العزوم الدوار وهو جهاز لقياس القوى الكهربائية المستقرة. يتألف هذا القبان من كرتين معدنيتين متصلتين بقضيب عازل يُعلّق هذا القضيب من وسطه بالضبط بخويط عازل مرن يتيح له ولكرتيه حرية الحركة الفائقة، ولقياس مقدار القوى الكهربائية المستقرة تشحن إحدى كرتي القضيب بشحنه كهربائية معينة وُتقرّب منها كرة ثالثة مشحونة بنفس مقدار ونوع شحنتها، فتتنافر الكرتان، وبما أن الكرة الثالثة ثابتة فلابد أن تتحرك كرة القضيب المشحونة فتديره مما يؤدي إلى فتل الخويط المعلق به. وبالإمكان قياس مقدار الشحنة المحمولة من قبل كرة القضيب بحساب مقدار قوة العزم الدوارة التي أدت إلى إزاحته بزاوية معينة، حيث يقوم الخويط مقام نابض حلزوني حساس يحتفظ بمقدار قوة متناسبة مع عزم كرة القضيب الدوار. أثبت (كولوم) تناسب مقدار قوتي الجذب (بين الشحنات المختلفة) والنفر (بين الشحنات المتماثلة) عكسيا مع مربع المسافة الأولية الفاصلة بينهما ($F = 1/r^2$) r، ولكن أثبتت وقائع التاريخ عدم إمكانية (كولوم) وضع الإثبات الرياضي لتناسب القوى الآنفة مع حاصل ضرب قيمة الشحنتين، وإنما كان قد اكتفى (بفرض) صحة ذلك. كتب (س. ستيوارت كلمور – C. Stewart Gillmor) في معجم (سير العلماء الذاتية) مبيناً مدى الأثر الذي تركه قبان كولوم لقياس العزوم الدواره على فكر وسيرة العلوم لأجيال عدة ما يلي:–

((أثبتت التطبيقات التي قام بها الفيزيائيون على مدى العديد من السنوات اللاحقة أهمية وبساطة ورشاقة الحلول التي اقترحها (كولوم) لمسائل العزوم الدوارة. فقد كان اختراعه لقبان العزوم فاتحة خير و(التفاتة بينة) لتطوير نظريته لتلك العزوم باستخدام خيوط الحرير الدقيقة، وتشكيلات الشعيرات المبرومة. لقد كان رائداً في حسابات وتجارب العزوم الدوارة باستخدام الشعيرات وخيوط الحرير التي أهدت لعلماء الفيزياء وسيلة فذة بسيطة وبالغة الدقة لحساب قوى بالغة الضآلة)).

وكدليل واحد على عبقرية (كولوم) في اختراعه ودقة حساباته دعنا نقول إنه حدد القوى التي ترفع إليها المسافة الفاصلة بين الشحنات بالعدد (2) وبحدود زيغ لا تتجاوز القليل والقليل جدا من

جزء بالمائة في حين أثبتت حساباتنا أن مقدار الزيغ المفترض اليوم لا يتجاوز الجزأين فقط بالبليون.

شرع (**كولوم**) في عام (1779) بإجراء أبحاثه على الاحتكاك والتي تُوجت بورقته المنشورة حول الموضوع والتي كانت بعنوان (نظرية في المكائن البسيطة فيما يخص الاحتكاك بين أجزائها وصلابة عتلاتهـا)، أعقبه بعد عشرين عاما بنشر مذكرته حول اللزوجـة وخصائصها. كما نص (**قانون كولوم للاحتكاك**) على إهمال السرعة النسبية بين سطحين متماسين متحركين عند حساب الاحتكاك بينهما.

ولعل الجائزة المعلنة من قبل أكاديمية باريس للعلوم هي التي حفزت ذهن (كولوم) وألهمته الخوض في هذا المضمار وقد كتب (بيتـر ج. بلدو – Peter J. Blau) في كتابـه المعروف علوم الاحتكاك وتطبيقاتها في التقنية ما يلــي:

> **((سادت أفكار (كولوم) واستنتاجاته عن الاحتكاك والتي توصل إليها بجهده وأبحاثه المجال العلمي لما يفوق القرن والنصف من الزمان ولا يزال الكثير منها قيد الاستخدام. لقـد أذكت جائـزة أكاديمية باريس للعلوم والتـي كان هدفها (إيجاد الحلول لحســاب قيم الاحتكاك بين سطح الأجســام المنزلقة والمتدحرجة ومقاومة الحبال والأوتار لقوى الالتواء وتطبـيقات ذلك على المكائن البسـيطة المستعملة في الجيش). جذوة البحث عنده وفتحت قريحته لإجراء التجارب حتى إن المصطلح المعروف بـ (احتكاك كولوم) لايزال مستعملا في البحوث والمنشورات التي تفسر الكثير من التجارب الحديثة إلى اليوم)).**

كتــب (كولــوم) ما بــين عامــي (1785 – 1791) سبعة بحوث مهمة حــول الكهربائية والمغناطيسيــة وقدمها إلى أكاديمية العلــوم للنشر. تناولت بحوثه استخدامــات (قبان العزوم الدوار) لفهم قوى التجاذب والتنافر وكيفية توزيع الشحنة على سطوح الأجسام، إضافة إلى إثباتات مستفيضة لقانون التربيع العكسي وتطبيقاته على الأقطاب الممغنطة. كما نشر في عام (1785) أبحاثه التي تشرح استخدامات مختلف أنواع القبابين الدوارة تحت عنوان (دراسات نظريــة وتجريبية حول الإجهاد الدوار ومرونة الأسلاك المعدنيــة)[1] والتي أثبت فيها إمكانية

(1) نشر أصل البحث تحت عنوان:
(Recherches theoriques et experimentales sur la force de torsion et l'elasticite des fils de metal).

قياس القوى متناهية الصغر بدقة بالغة بواسطة قبانه الدوار ذاك.

تـزوج كولـوم فـــي عـام (1802) من الفاتنـة [لويز فرانســواز لوبروس دو سورمو – Louis Francoise Le Proust De Sormeaus] بنـت العشريـن ربيعـا وأم ولديه الاثنين اللذين أنجبتهما منه قبل الزواج!

لقــد استمتــع (كولوم) في أواخر أيامه بحيـاة الريف، حيث أمضى جُلّ وقتـه في مراقبة الطبيعة وتدريس ولده الأصغر (شارل) العلوم. أصيب بالحمى في أواخر أيامه وظل يصارعها حتى صرعته، فـكان أجله المحتوم وفارقت روحه جسده المعلـول، وتم قداس تشييعه في كنيسة القديس (جرمن دي بري– St.–Germain – des – Pre's –)، وما لبث بعد ذلك أن وُوري الثرى هناك.

كتب اديان جيمس في مجلة (الفيزيائي الفذ) عرفانا بعبقريته الفذة ما يلـي:

((لم يـتردد العالـم مطلقـا في إطلاع لقب الفيزيائي المثالي عليه. برع في فترة القرن الثامن عشر ولـم يتفوق عليه سـوى [هنري كافندش- Henry Cavendish]، وقد كان – وبـلا جدال – خـير من جمع فوق كتفيه مهـارة التجربة وروح المنافســة ودقة القياس، مضـافة إليها قابلية الإبداع، متوجةً بملكة رياضـية لبّت كافة متطلبات عـبقريته العلمية)).

أُطلـق اسمه على فوهة أحد براكـين القمر بقطر (89 كيلومترا) وتم إقرار تلك التسمية من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العاملين عام (1970).

لقــد أجرى (كولوم) خلال سني حياتـه وأثناء ممارساته العملية العديــد من الأبحاث التي ساهمت إسهاما مباشرا في فهمنا للعديد من المواضيع وإليك بعض الأمثلة:

- انهيار دعامات وأعمدة البناء الجبسي.
- الممانعة الحلزونية للمواد الهشة.
- فيزياء الأقواس المدعمة.
- الاحتكاك داخل المكائن وممانعة الموائع.
- تصميم طواحين الهواء.
- ميكانيك التربة ومطاوعة المعادن ومرونة ألياف الحرير.

• تصميم البوصلة المغناطيسية.

• مقارنـــات بين كفاءة العمـل المنجز من قبل الإنســان والحيوان (علم الاركونومكس– Ergonomics] ولكن من الجدير بالذكر أن (كولوم) لم يكن ليحرز أولوية السبق في كل أعماله التي نشرها أو أبحاثه التي عكف عليها، فلقد سبقه إلى بعض استنتاجاته وقوانينه علماء آخرون وإليك بعض الأمثلة:

• سبقــه البريطــاني [ريفرنــد جــون ميشيــل ((1724 – 1793 Reverend John Michell] في عام (1750) حين نشر دراساته حول تجاذب وتنافر الأقطاب المغناطيسية، فأثبت منذ ذاك تناسبهما العكسي مع مربع المسافة الفاصلة بينهما.

• كمــا سبقه (ميشيل) هذا في اخــتراع قبان العزوم الدوار والــذي استخدمه [كافنديش (1731 – 1810) Cavendish] لاحقا في أعماله لقياس كتلة الأرض، ولكن من المنصف القول هنا إنه على رغم من أن اختراع (كولوم) لقبان العزوم الدوار عام (1784) كان متأخرا عن اختراعه من قبل (ميشيل) إلا أن الحقيقة التاريخية الثابتة هي انهما كانا قد أتما اختراعيهما منفصلين، ودون أن يكون لأي منهما علماً بما أنجزه الآخر، رغم الفاصل الزمني بينهما.

• كمــا تمكن الطبيــب البريطاني [جون روبنســون (? – 1725 John Robinson] من قياس قوتــي التجاذب والتنافر للكهربائية المستقرة عــام (1769) وتمكن (بإجراء تجاربه الخاصــة) من استنتاج تناســب قوة التنافر مع **($1/r^{2.06}$)** وتناسب قــوة التجاذب مع **($1/r^{c}$)** عندما (c<2) مع إمكان القول بصحة **($1/r^{2}$)** .

• وأخيــــرا تمكـــن الكيميائـــــــي الإنكليـــــــزي [جوزيـــف برستيلي (1804 – 1733) Joseph Priestly] من التوصل أيضا إلى قانون **($1/r^{2}$)** للقوى الكهربائية ورغم أنه لم يستطع تقديم الإثبات المقنع لذلك، إلا أنه من المنصف القول إن حدسه وتوقعاته كانت في محلها. تمكن (برستيلي) هذا مــن التوصــل إلى اختراع قبان العزوم الدوار قبل (كولوم) أيضا (ولكــن دون أن يعلم أحدهما بالآخر) واستعمله لإثبات حقيقة تناسب المغناطيسية بين قطبين عكسيا مع مربع المسافة الفاصلة بينهما.

كتب برستيلي في كتابه المعنون **(ماضي وحاضر الكهربائية)** ما يلي:

((من الممكن إثبات حقيقة أن الأرض عبارة عن قشرة صلبة تدور داخلها مادة مصهورة متجانسة، أفلا يمكننا من تجاربنا حول الموصلات المشحونة المجوفة الاستنتاج بتشابه قوانين الكهربائية والجاذبية من ناحية تناسبهما العكسي مع مربع المسافة؟)).

وهذا دليل على عمق تفكير وعبقرية أولئك العلماء.

يحمل قانون التربيع العكسي **($1/r^2$)** اسم (كولوم) اليوم ويعزى إليه، وذلك عرفانا لجهوده وما قام به من تجارب مكنته من تقديم الإثبات المقنع لتلك العلاقة حيث قام بكل تلك التجارب بمفرده ومن وحي تفكيره وتمكن بذلك من وضع الدليل الملموس لما كان يعتبر ولغاية عام (1785) مجرد حدس شبه أكيد.

لقوى كولوم فعلها على مستوى الذرات أيضا ولفهم ذلك لعله من المجدي إجراء مقارنة رياضية بسيطة بين قدرتي شد ذرة الهيدروجين الكهربائية والجاذبية: فإليك ما يلي...

دعنا نفترض الإلكترون كجسم نقطي (متناهي الصغر) يدور حول جسم نقطي آخر وهو البروتون تفصل بينهما مسافة تقدر بـ[5.3× (10مرفوعة إلى القوة السالبة11)] متر في المعدل، هنا يمكننا حساب قوة كولوم (الكهربائية) كالتالي: (إذا علمنا أن شحنة الإلكترون الواحد تساوي شحنة البروتون الواحد وهي (1.6×10^{-19}) كولوم. أما الحد (9×10^{9}) فهو معامل التحويل للحصول على مقدار القوة بوحدة النيوتن N) إذن:

$$\frac{kq^2}{r^2} = \frac{(9\times10^{9})(1.6\times10^{-19})^2}{(5.3\times10^{-11})^2} = 8.2\times10^{-8}\text{N}.$$

وإذا رغبنا بحساب قوى الجذب الفعلية (F_g) بين الإلكترون والبروتون باعتبار كتلتيهما m_e ، m_p على التوالي: فيمكننا كتابة

$$F_g = \frac{Gm_e m_p}{r^2} = \frac{(6.67\times10^{-11})(9.1\times10^{-31})(1.67\times10^{-27})}{(5.3\times10^{-11})^2}$$

$$= 3.6\times10^{-47}\text{N}$$

ويمكنك ملاحظة الفرق البين بينهما وجسامة تفوق قوة كولوم الكهربائية على قوة الجاذبية بين الجسمين ما دون الذريين.

وفي الختــام لابــد أن نسترعي انتباه القارئ إلى أن بــرج (إيفل) في باريس (فرنسا) يحمل، (منقوشةً على صلب أعمدته) أسماء (72) من عظماء علماء ومفكري فرنسا بما فيهم (كولوم). وقــد قام [كوستاف ايفــل (Alexandere Gustave Eiffel (1832–1923] مصمم ومنفــذ البرج[1] بنقش تلــك الأسماء وطلائها عام (1900) وأعيــد تجديدها عام (1987)، ظهرت أسماء وألقاب العظام على البرج بأحرف كبيرة يبلغ طول الواحد منها 60 سنتيمترا. وتُبين القائمة التالية الأسماء التي تطرق لها هذا الكتاب بأحرف بارزة.

1. **Ampère** (André-Marie Ampère, mathematician and physicist)
2. Arago (Dominique François Jean Arago, astronomer and physicist)
3. Barral (Jean-Augustin Barral, agrononmist, chemist, physicist)
4. Becquerel (Antoine Henri Becquerel, physicist)
5. Belanger (Jean-Baptiste-Charles-Joseph Bélanger, mathematician)
6. Belgrand (Eugene Belgrand, engineer)
7. Berthier (Pierre Berthier, mineralogist)
8. Bichat (Marie François Xavier Bichat, anatomist and physiologist)
9. Borda (Jean-Charles de Borda, mathematician)
10. Breguet (Abraham Louis Breguet, mechanic and inventor)
11. Bresse (Jacques Antoine Charles Bresse, civil engineer and hydraulic engineer)
12. Broca (Paul Pierre Broca, physician and anthropologist)
13. Cail (Jean-François Cail, industrialist)
14. Carnot (Nicolas Léonard Sadi Carnot, mathematician)
15. Cauchy (Augustin Louis Cauchy, mathematician)
16. Chaptal (Jean-Antoine Chaptal, agronomist and chemist)
17. Chasles (Michel Chasles, geometer)
18. Chevreul (Michel Eugène Chevreul, chemist)
19. Clapeyron (Émile Clapeyron, engineer)
20. Combes (Emile Combes, engineer and metallurgist)
21. Coriolis (Gaspard-Gustave Coriolis, engineer and scientist)
22. **Coulomb** (Charles-Augustin de Coulomb, physicist)
23. Cuvier (Baron Georges Leopold Chretien Frederic Dagobert Cuvier, naturalist)
24. Daguerre (Louis Daguerre, artist and chemist)
25. De Dion (Albert de Dion, engineer)
26. De Prony (Gaspard de Prony, engineer)
27. Delambre (Jean Baptiste Joseph Delambre, astronomer)
28. Delaunay (Charles-Eugène Delaunay, astronomer)

(1) بمراجعة المخطوطات والوثائق الباريسية الخاصة بتاريخ هذا البرج ظهر أن مصممه الحقيقي ومصمم رافعاته المائية لتشغيل مصاعده هو الفرنسي (ستيفن سوفستر – Steven Sovister). المترجم

29. **Dulong** (Pierre Louis Dulong, physicist and chemist)
30. Dumas (Jean Baptiste André Dumas, chemist)
31. Ebelmen (Jean-Jacques Ebelmen, chemist)
32. Fizeau (Hippolyte Fizeau, physicist)
33. Flachat (Jeugène Flachat, engineer)
34. Foucault (Léon Foucault, physicist)
35. **Fourier** (Jean Baptiste Joseph Fourier, mathematician)
36. Fresnel (Augustin-Jean Fresnel, physicist)
37. **Gay-Lussac** (Joseph Louis Gay-Lussac, chemist)
38. Giffard (Henri Giffard engineer)
39. Goüin (Ernest Goüin, engineer and industrialist)
40. Haüy (René-Just Haüy, mineralogist)
41. Jamin (Jules Célestin Jamin, physicist)
42. Jousselin (Alexandre Louis Jousselin, engineer)
43. Lagrange (Joseph Louis Lagrange, mathematician)
44. Lalande (Joseph Jérôme Lefrançais de Lalande, astronomer)
45. Lamé (Gabriel Lamé, geometer)
46. Laplace (Pierre-Simon Laplace, mathematician and astronomer)
47. Lavoisier (Antoine Lavoisier, chemist)
48. Le Chatelier (Henri Louis le Chatelier, chemist)
49. Le Verrier (Urbain Le Verrier, astronomer)
50. Legendre (Adrien-Marie Legendre, geometer)
51. Malus (Etienne-Louis Malus, physicist)
52. Monge (Gaspard Monge, geometer)
53. Morin (Jean-Baptiste Morin, mathematician and physicist)
54. Navier (Claude-Louis Marie Henri Navier, mathematician)
55. Petiet (Jules Petiet, engineer)
56. Pelouze (Théophile-Jules Pelouze, chemist)
57. Perdonnet (Albert Auguste Perdonnet, engineer)
58. Perrier (François Perrier, geographer and mathematician)
59. Poinsot (Louis Poinsot, mathematician)
60. Poisson (Simeon Poisson, mathematician and physicist)
61. Polonceau (Antoine-Rémi Polonceau, engineer)
62. Poncelet (Jean-Victor Poncelet, geometer)
63. Regnault (Henri Victor Regnault, chemist and physicist)
64. Sauvage (Jean-Pierre Sauvage, mechanic)
65. Schneider (Jacques Schneider, industrialist)
66. Seguin (Marc Seguin, mechanic)
67. Sturm (Jacques Charles François Sturm, mathematician)
68. Thénard (Louis Jacques Thénard, chemist)
69. Tresca (Henri Tresca, engineer and mechanic)
70. Triger (Jacques Triger, engineer)

70 . Vicat (Louis Vicat، engineer)

72. Wurtz (Charles – Adolphe Wurtz، chemist)

قائمة أسماء العظام التي نقشت على برج (ايفل) مع اختصاصاتهم. تظهر الأسماء الواردة في هذا الكتاب غامقة

1 – **امبير** – رياضي وفيزيائي

2 – اراكو – فلكي وفيزيائي

3 – بارا – كيميائي وفيزيائي وعالم بالزراعة

4 – باكيوريه – فيزيائي

5 – بيلانجي – رياضي

6 – بلكران – مهندس

7 – برثيه – اختصاصي تعدين

8 – بيشا – مشرح بشري واختصاصي علم وظائف الأعضاء

9 – بوردا – رياضي

10 – بركويه – ميكانيكي ومخترع

11 – بريس – مهندس مدني ومهندس رافعات هيدروليكية

12 –بروكا – طبيب واختصاصي بعلوم الأجناس

13 – كيل – صناعي

14 – كانو – رياضي

15 – كاوشي – رياضي

16 – شابتا – زراعي وكيمائي

17 – شاسليه – مسّاح

18 – شفرييه – كيميائي

19 – كلابيرو – مهندس

20 – كومب – مهندس واختصاصي معادن

21 – كوريولي – مهندس وعالم

22 – **كولوم** – فيزيائي

23 – كيوفيه – عالم طبيعة

24 – داكيور – فنان وكيميائي

25 – دو دايو – مهندس

26 – دو بروني – مهندس

27 – دالامبريه – فلكي

28 – ديلاونيه – فلكي

29 – **ديولو** – فيزيائي وكيميائي

30 – دوما – كيميائي

31 – ابلم – كيميائي

32 – فيزو – فيزيائي

33 – فلاشيه – مهندس

34 – فوسول – فيزيائي

35 – **فورييه** – رياضي

36 – فراسنيه – فيزيائي

37 – **كاي – لوساك** – كيميائي

38 – كيفار – مهندس

39 – كون – مهندس وصناعي

40 – هاي – اختصاصي معادن

41 – جامي – فيزيائي

42 – جوزلين – مهندس

43 – لاكرانج – رياضي

44 – لالاند – فلكي

45 – لامي – مسّاح

46 – لابلاس – رياضي وفلكي

47 – لافوازييه – كيميائي

48 – لاشاتيليه – كيميائي

49 – لافيرينه – فلكي
50 – لاجندر – مسّاح
51 – مالو – فيزيائي
52 – مونج – مسّاح
53 – مورين – رياضي وفيزيائي
54 – نافييه – رياضي
55 – بتي – مهندس
56 – بيلوز – كيميائي
57 – بردونيه – مهندس
58 – بربيه – جغرافي ورياضي
59 – بوينو – رياضي
60 – بويسو – رياضي وفيزيائي
61 – بولونسو – مهندس
62 – بونسيليه – مسّاح
63 – ريكنو – كيميائي وفيزيائي
64 – سوقاج – ميكانيكي
65 – شينيدر – صناعي
66 – سيكا – ميكانيكي
67 – ستور – رياضي
68 – ثينار – كيميائي
69 – تريسكا – مهندس وميكانيكي
70 – ترايجيه – مهندس
71 – فيكا – مهندس
72 – فرت – كيميائي

مصادر إضافية وقراءات أخرى

Blau, Peter J., *Friction Science and Technology* (New York: Marcel Dekker, 1995).

Elert, Glenn, "Dielectrics," in *The Physics Hypertextbook*; see hypertextbook.com/physics/electricity/dielectrics/.

Gillmor, C. Stewart, "Charles Coulomb," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

James, Ioan. *Remarkable Physicists: From Galileo to Yukawa* (New York: Cambridge University Press, 2004).

Kovacs, J., "Coulomb's Law," Project PHYSNET, Michigan State University: see physnet.org/modules/pdfmodules/m114.pdf.

Priestley, Joseph. *The History and Present State of Electricity* (London: J. Doddsley, J. Johnson, B. Davenport, & T. Cadell, 1767).

Shamos, Morris. *Great Experiments in Physics: Firsthand Accounts from Galileo to Einstein* (New York: Dover, 1987).

Wikipedia, "The 72 Names on the Eiffel Tower"; see en.wikipedia.org/wiki/The 72 names on the Eiffel Tower.

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• لا أميل أبدا للقول بنزاهة نتائج الأبحاث العلمية ونقائها من الحكم المبيت واستباقية الاختيار والقرار، ولعلك في ذلك تتفق معي على ضرورة تصنيف الحقائق المفردة وجمعها معاً، بطريقة تتيح لنا ملاحظة العلاقة المشتركة بينها. واستنادا إلى ذلك فإن تصنيف القوانين المتشابهة والمتقاربة سيمهد لنا الطريق لاكتشاف قوانين أخرى أعم من سابقتها ومن ثم الربط المتجانس بينها.

رغم بساطة هذا الحوار ووضوحه، ظلت الإنجازات العلمية الفذة والقوانين الرائدة نادرة بندرة مكتشفيها ممن تمتعوا بملكة الإلهام (إن صح التعبير). والآن لو لم يُركز هذا المكتشف الملهم أو ذاك، جُلّ جهده وتفكيره (ووفق تصوره المسبق حول حقيقة واحدة) فكيف يمكن ان تفسر مقدرته على التقاط حقائق بعينها من بين ثنايا ذلك الكم الهائل، والتراث الغني من الاكتشافات والتجارب المعقدة؟ تلك التجارب التي انصاعت (رغم تشابكها وتعقيداتها) بسهولة – وفي لحظة تسام وإلهام – لتفصح عن جوهرها (المعقد) ببساطة متناهية لتمكن المُكتشف في النهاية من (أسره) بين حدي معادلة رياضية أو (ظفري) قانون، أبلغ صفاته البساطة والوضوح؟

اينشتين

Albert Einstein، (Induction and Deduction in Physics).

ألبرت انشتين في كتابه (المقدمات والاستنتاجات في الفيزياء).

• ... (يمكننا الركون وبثقة علمية عصية على التفنيد إلى الحقيقة القائلة) بأنه إذا صحت نظرية النسبية العامة لاينشتين، فلابد لأي نموذج متماسك نقترحه للكون أن يحتوي على قوانين فيزيائة موحدة وأزلية.

والآن بعد أن سلمنا بضرورة ارتباط حقائق الكون بقوانين موحدة، أجد نفسي مؤمنا بأن قوانين الفيزياء تلك هي التي سترشدنا إلى نقطة بدايته.

هاوكنج

Stephen Hawking, (Black Holes and The Baby Universes).

ستيفن هاوكنج في (الثقوب السوداء والأكوان الفتية).

– لابد للدين المتين أن يستند إلى قوانين علمية.

وايتفيلد

Greg Witefield, quoted in post B. Basnet's (Nepal Becoming Mecca for Buddhist Studies), Kathmandu Post.

كريك وايتفيلد، منقولة من كتاب (تحول النيبال إلى كعبة الدراسات البوذية) لبوست ب. باسنت. الناشر، كثماندو بوست.

• خير ما نفسر به غرابة جزيئات الكم في تصرفاتها العصية على المراقبة والتفسير هو بوضع نموذج محاكاة بسيط لماكنة الكون بثلاث مستويات.

– فعلى المستوى الأول (مستوى الأحداث والظواهر): تلعب قوانين الفيزياء دور الخوارزميات الموضحة لتتبع الأحداث المتسببة عن عمل تلك الآلة.

– وعلى المستوى الثاني (مستوى البرنامج المشغل): تلعب فيزياء الكم دور اللغة التي كتبت بها طريقة تشغيل تلك الآلة.

– أما المستوى الثالث (مستوى فهم وإدراك البرنامج المشغل): فنحن نراقب الآن آلة الكون ذاتها في حركاتها وتقلباتها، ولا توجد (لحد الآن) أي خوارزمية تفتح أمامنا أسرار صناعتها

وخلقها أصلا.

باختصار فإن (فهم الكم) لا يدخل لا في برنامج المحاكاة ولا في المسبب للأحداث ولا في اللغة التي كتب بها. إن أصل فهم الكم هو في فهم (ما) أو (من) أوجد نموذج محاكاة الكون فعلا.

بلات

James Platt، Personal communication، March 1، 2007.

جيمس بلات في اتصالات شخصية في الأول من آزار/مارس 2007.

• وهكذا جرت الأحداث وانقشعت الغيوم وبدت قصة العلوم من تاريخها إلى حاضرها - وحتى إلى مستقبلها - كقصة متغيرة لا تستقر على حال، فهناك دوما ما هو جديد من الإيضاحات والإضافات والتعديلات لكل ما هو قديم وحديث وجديد. تلاشى الزمن السرمدي وانهارت القوانين الأزلية، فكل ما حولنا الآن دائم التغيير والتشكيل، أحداثا ومعادلات وقوانين.

قد تصمد بعض الحقائق العلمية (وقوانينها) لقرون وقد لا يتجاوز صمود أخرى عاما واحدا فتنهار، وهكذا حال العلوم: لا سرمدية لها ولا خلود لقوانينها وإنما هي حفنة من الرموز والأرقام يمكن دراستها وتطبيقها لحين، ثم تطوى صفحة السجل عليها لتبدأ غيرها رحلتها كالتي سلفت.

برزك

Robert Pirsig، (Zen and the Art of Motorcycle Maintenance)

روبرت برزك من كتاب - زين وفن صيانة الدراجات.

• لعل ما يقيم صرح العلوم ويبرز بريقها هو الكون ذاته وما ينطوي عليه من نظام أخاذ. أما درة هذا النظام الفذ فهي (مجموعة القوانين الفيزيائية)، تلك القوانين التي لها جمال ورشاقة ودقة التعبير عما يخالج الكون بلغته، فهي وأختها (الرياضيات) تصوغان قوانين تصرفه بسلاسة وانضباط. والآن ألا يحق لنا أن نتساءل عن منشئ هذه القوانين؟ من أين أتت؟ ولم اكتسبت شكلها المعروف؟... ألا يحق لنا أن نعتبرها اللغة المشتركة التي تفسر لذهن الإنسان عجائب الكون؟ ألا تمنح بمجموعها هذا النظام قابلية إيجاد وتطوير أنواع متعددة مختلفة من أنماط الحياة ونحن إحداها؟.

وأخيرا من نحن لنجيب على كل هذه الأسئلة؟... وألا يجدر بنا أن نثابر ما حيينا ونجول بعيوننا ونقدح بأفكارنا (لفهم) تلك الأسئلة الأزلية المحيرة والعجيبة أولاً وقبل كل شيء؟، فضلا عن التسرع والقفز للإجابة عليها؟...

دافيز

Paul Davies، (Laying Down Laws)، The New Scientist.

بول دافيز في (استنباط القوانين) - نيوسينتست.

قانون شارل للغازات

CHARLES'S GAS LAW

فرنسا، 1787

يتناسب حجم كمية معينة من غاز (عند ضغط ثابت) طرديا مع درجة حرارته المطلقة.

محاور ذوات علاقة:

(جوزيف لويس كاي – لوساك – JOSEPH LOUIS GAY–LUSSAC)، و(ليوناردو دافنشي – LEONARDO DA VINCI)، و(غلوم امونتونس وقانون احتكاكه – GUILLAUME AMONTONS، AND AMONTON'S LAW OF FRICTION).

من أحداث عام 1787:

– أبحر في نهر ديلاوير – (Delaware) أول قارب بخاري من اختراع (جون فتش – John Fitch).

– اكتشف الفلكي الانكليزي (وليام هرشل – William Herschel) اثنين من أقمار كوكب (يورانوس)[1].

– وافق المجلس الدستوري لولاية فيلادلفيا على معاهدة اعتماد دستور الولايات المتحدة فيها.

نص القانون وشرحه:

ينص (قانون شارل) والذي يعرف كذلك (بقانون كاي – لوساك) على **تناسب الحيز الذي**

(1) Uranus – وهو الكوكب رقم (7) في مجموعتنا الشمسية المؤلفة من (11) كوكبا سمّي القمرين أولاده لاحقا بـ [(تيتانيا – Titania) و(اوبيرون – Oberon). راجع أصل ومعنى التسمية في مدخل (قانون بود لمسافات الكواكب) باب (للفضوليين فقط). و(تيتانيا) هو اسم (ملكة الجنيات الخيّرات) في رواية شكسبير (حلم ليلة منتصف الصيف – A Midsummer Night's Dream) وقد أطلق على أكبر أقمار (يورانوس) وهو ثامن أكبر قمر في مجموعتنا الشمسية أما (اوبيرون) فهو أكبر ثاني قمر للكوكب (يورانوس) وسمي كذلك على اسم إحدى شخصيات (شكسبير) في روايته السابقة أيضاً. (المترجم).

يشغله حجم معلوم من غاز ما طرديا مع درجة حرارته المطلقة[1].

يُكتب القانون رياضيا على الشكل الآتي:

$$V = kT,$$

حيث V هو حجم الغاز تحت ضغط معين، T حرارته (بالدرجات المطلقة) و k ثابت.

أول من نشر هذا القانون هو الكيميائي والفيزيائي الفرنسي [جوزيف لوي كاي – لوساك (1850 – 1778) Joseph Louis Gay–Lussac] في عام (1802) بالاستناد إلى وإشارة لبعض الأعمال غير المنشورة للكيميائي والفيزيائي الفرنسي (جاك شارل – Jacques Charles) والتي تعود لعام (1787).

اكتشف العلماء إن معظم الغازات تتمدد بما يقارب 1/273 (حوالي 0.003663) من حجمها في درجة حرارة الصفر المئوي لكل زيادة بمقدار درجة مئوية واحدة في حرارتها. وقد لوحظت بعض الاختلافات الطفيفة جدا عن هذا المقدار عند إجراء الكثير من التجارب على مختلف الغازات، ومثال ذلك إثبات العالم الفرنسي [هنري – فكتور رينو (1878–1810) Henri – Victor Regnault] أن ثابت تمدد الهيدروجين يبلغ (0.0036613) وثابت تمدد ثاني أوكسيد الكربون يبلغ (0.0037099). ولكن بالنظر لضآلة هذه الفروقات فإن الرقم المقبول كثابت تمدد (لجميع الغازات)

هو (1/273). وهنا تجدر الإشارة إلى أنه رغم الاتفاق على تساوي ثابت تمدد مختلف الغازات تقريبا، فإن ثابت تمدد السوائل والمواد الصلبة يمتاز دائما بتباينه الشديد.

عند ازدياد درجة حرارة غاز معين، تزداد حركة جزيئاته وتزداد قابليتها على تسليط قوة أكبر على جدار حاويته، عندئذ لابد لحاوية الغاز أن تتمدد – بتمدد حجم الغاز المحصور داخليها – متى ما استطاعت لذلك سبيلا. وقد تمت الاستفادة من هذه الظاهرة في استعمال الهواء الساخن لملء المناطيد، فكلما ازدادت حرارة الهواء الداخل إلى المنطاد، كلما زادت

(1) (درجة الحرارة المطلقة): هي المقاسة بدرجات كلفن والصفر المطلق في هذا المقياس يساوي(– 273) درجة مئوية سيلسيه (مئوية) – (المترجم).

حركة جزيئاته داخله وزادت سرعاتها فيزداد حجمه،... وبازدياد حجم الهواء داخل المنطاد تنخفض كثافته فيرتفع عن سطـح الأرض (يطير)، وعكس ذلك فإن انخفاض حرارة الهواء داخله سيؤدي إلى انكماش حجمه وإلى ارتفاع كثافته فيهبط.

بالإمكان التعبير عن قانون شارل كما يلي:

$$\boxed{\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2},}$$

يمثلان حجم وحرارة الغاز قبل وبعد تغيرهما.

وبإمكانـك ملاحظة عدم حاجتنـا لمعرفة ثابت أي غاز عند التطبيـق العملي لهذا القانون نتيجة لإسقاطه عند الحساب.

وإليك مثالا رياضيا بسيطا:

لنفرض أن لدينـا (2.5 لتر) من غاز معين درجة حرارتـه (15 درجة مئوية) وضغطه يبلغ ضغطـا جويـا واحـدا[1] وأردنا أن نعـرف حجمه إذا ما سخـن إلى (40 درجـة مئوية) مع الاحتفاظ بالضغط المسلط عليه عند مقدار الضغط الجوي الواحد.

لحل هذا المثال نلاحظ ثبوت ضغط الغاز وتغير كل من حجمه وحرارته.

أولا لابـد من تحويل درجة الحرارة من مقياسها المئـوي إلى درجات حرارة مطلقة حسب مقياس (كلفن) وذلك بإضافة (273) للحالتين:

رياضيا نقول:

$$2.50L \div 288\,^{\circ}k = V_2 \div 313\,^{\circ}k$$

$$V_2 = 2.72L$$

وعليه فإن زيادة ضئيلة في الحرارة أدت إلى زيادة ضئيلة في الحجم.

(1) وهذا ما يساوي (76 سنتيمترا) من الزئبق عند سطح البحر (المترجم).

للفضوليين فقط:

• في عالم المناطيد، يعتبر شارل المخترع الحقيقي(للجعبه – Nacelle) وهي السلة المتعلقة أسفـل البالون بحبـال والمثبتة فـي محلهـا بـ(الشبكة المدعمـة بالنطاق الحديدي – hoop) والتي تحمل ما فيها من المسافرين وأمتعتهم.

• استشاط بعض الفلاحين الفقراء فرقاً لدى هبوط أحد مناطيد (شارل) ذات مرة وطفقوا يمزقونه إربا جازمين إنما هو من لعنات الشيطان حطت على أرضهم من السماء.

أقوال مأثورة:

– لا نعـرف عن عائلة (شـارل) ولا عن طفولته شيئا، كل ما نعرفه أن تعليمه كان عشوائيا ولا علميا ولم ينشر (شارل) ما يستحق الذكر.

كوف

J.B.Gough، (Jocques Chartes)، in Dictionerg of Scientific Biogrophy.

ج.ب كوف - (جاك شارل) في (معجم سير العلماء الذاتية).

– سلب ما رآه شارل (وهو محلقا في بالونه) لُبّه حيث كانت تجربته فريدة وشعوره طاغيا فما أن حط على الأرض حتى قفز من سلته مزهوا جذلا وهو يهتف بالجماهير التي التفت من حوله محدقـة بهذه المعجزة الإلهيـة التي حطت عليهم مما بين الغيوم: «لن يهمني بعد اليوم ما تفعلونه بأرضكم هذه إنها السماء مملكتي من اليوم، يالها من تجربة رائعة وياله من منظر أخاذ!!».

هاملن

Richard Hamblyn، (The Invention of Clouds).

من كتاب ريتشارد هاملن (اختراع الغيوم).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

– [جـاك شـارل (1746 – 1823) Jacques Charles]. رياضـي وفيزيائي ومخترع

فرنسـي درس خصائص التمدد الحراري للغـازات، وكان أول إنسان ارتفع في منطاد مليء بالهيدروجين (بمرافقة نيكولاس روبرت – Nicolas Robert).

ولـد (جاك شـارل) في مدينة (بوجنس – سـو – لـوار Beaugency–sur–Loire) الفرنسية حيث مارس أبحاثه وتجاربه في مختلف حقول العلم والمعروفة آنذاك، من كهربائية وغازات ومناطيد طائرة. لا نعلم عن عائلته ولا عن نشأته إلا القليل ولكن ما نعلمه ان تعليمه كان بدائيا ولم يدرس العلوم في صغره وإنما بدأ حياته العملية كموظف حكومي بوظيفة متدنية لم ترض طموحه فلم يجد مرؤوسوه بُداً من طرده منها.

شغُـف (شارل) منذ نعومة أظفاره بتعلم العلـوم ذاتيا وممارسة ما يمكن من تجارب والتي لا تحتاج إلى الكثير من الرياضيات المعقدة، وواظب على اجتهاده وقراءاته حتى تحول إلى محاضر علمـي مرموق بعد مرور سنتين فقط، حيـث جذبت محاضراته في الفيزياء والكيمياء العديـد الجم مـن الحضـور لسلاستها وبساطتهـا وللفوائد الكثيرة المستقاة منهـا... فاشتهـر حتى انتخـب عضوا فـي أكاديميـة العلوم الفرنسية في عام (1795)، ثـم مـا لبثـت أن أصبـح أستـاذ الفيزيـاء التجريبية فـي (الكونزرفتوار دو آرغت أماتيـير – Conservatoire des Arts et Metiers) أكاديمية الحرف والفنون. تزوج في عام (1804) من امرأة كل ما نعرفه عنها أنها وصفت بشابة حسناء جذابة!.

لقد اشتهر (شـارل) بين معاصريه بشطحاته وباختراعاته الغريبة وبمغامراته في عالم المناطيد والعلوم التطبيقية الأخرى... فممـا يذكـر عنه أنه مارس واخترع وجرب العديد من الأفكار والأطروحات فكان رائدا على سبيل المثال لا الحصر في:

- تشجيع ومناصرة فكرة إبدال هواء المناطيد بغاز الهيدروجين لخفته.
- اختراع الصمام الأنبوبي، وهو الذي يمرر جزءاً من غاز المنطاد لإنزاله.
- اخــتراع (الفضلـة أو الزائـدة – Appendix) وهو الاسم الـذي أطلقه على أنبوب تنفيس يُلحق بالمنطاد أثناء نفخه يعمل على تمرير مازاد من غازه تلافيا لانفجاره.
- اختراع (المكبرة – Megascope) وهو جهاز لعرض وتكبير صور الأشياء.

• اختراع جهاز لقياس زوايا البلورات.

• كما طور الطرق والإمكانيات لمعاملة الأقمشة والأنسجة لكي يقلل من مساميتها ويجعلها قابلة للاحتفاظ بغاز الهيدروجين داخلها لأطول فترة ممكنة.

لقد كانت حكاية طيران أول منطاد له في عام (1783) وبحق حكاية جديرة بالذكر والتمعن لطرافتها وغرابتها معا، فلقد راقب الآلاف من المتفرجين والمعجبين (بين مصدق ومكذب) ارتفاع أول منطاد اخترعه (شارل). واصل هذا المنطاد ارتفاعه إلى ما يقارب الـ (3000) قدم (914 مترا) إلى أن حط أخيرا، عند الغروب في حقل خارج باريس، حيث سرعان ما هُرع إليه الفلاحون مذعورين متطيرين وطفقوا يقطعونه إربا. لم يخطر على بال السكان آنذاك إلا حقيقة أن ما يرونه ما هو إلا صنيعة شيطان رجيم، ورجز خبيث من عمله، بل وأقسم الكثيرون منهم موقنين بأن ما رأوه إنما هو وحش من السماء لما سمعوا له من إوار وحشرجة وما شموا من ريح خبيثة منبعثةً منه!.

كان ملء المناطيد بالغاز عملا شاقا محفوفا بالمكاره والأخطار بكل ما تعنيه الكلمة من معنى. كتب (شارل م ايفان – Charles M. Evans) في كتابه الشهير (قصة المناطيد في الحرب الأهلية: جهاد رواد الهواء) ما يلي:

((تألفت مولدة شارل البدائية لإنتاج غاز الهيدروجين من برميل خشبي ضخم وبرادة حديد.... جاهد (شارل) وصبر كثيرا حتى تمكن من ابتكار الطريقة المثلى لتثبيت (الصفاقات) الملائمة لتثبيت الفتحات المناسبة على أعلى البرميل بطريقة تمكنه من صب حامض الكبريتيك فوق برادة الحديد بأمان، ليأذن ببدء التفاعل الخطر لإنتاج غاز الهيدروجين، ومن ثم توجيهه بحذر شديد – خوفا من التهابه – إلى بالونه الجاثم قريبا منه. ولك أن تتصور صعوبة وخطورة عملية نفخ المنطاد إذا علمت أنها غالبا ما تستغرق حوالي أربعة أيام يداوم شارل خلالها – وبلا هوادة – على صب ما يقارب (200) لتراً من الحامض المركز على طن من البرادة)).

من هنا انطلق الهوس بالمناطيد وملاحتها وإليك بعض محطاته:

• (1784) – ارتفـع كل مـن (جـون جفريـز– John Jeffries) و(جين بيير ف. بلا نشـارد – Jean Pierre F. Blanchard) محلقين علـى متن منطاد مليء بالهيدروجين، وجابا أجواء بريطانيا على ارتفاعات متباينة حرصا خلال رحلتهما الفريدة تلك على تسجيل بعض درجات الحرارة والرطوبة على تلك الارتفاعات.

• (1785) – سجـل المغامـران السابقان في شهر كانون ثاني (ينايـر) من هذا العام أول عبور بشري ناجح للقنال الإنكليزي بمنطاد.

• في شهر حزيران (جوان) من نفس هذا العام حاول (جين فرانسواز بلياتخ دو روزي – Jean Fransois Pilatre de Rozie) و(بيـير رومـين – Pierre Romain) عبور القنـال من الجانب الفرنسي إلى بريطانيا فأعدا عدتيهما بمنطاد مركب من بالون غاز كبير في الأعلى ومنطاد هواء حار في الأسفل. ولكن شاء القدر أن يخط نهايتيهما عند بلوغهما ألف مـتر ارتفاعا، حين انفجر المنطـاد وأكلته ألسنة النيران وبذلك سجـل (روزي ورومين) أول حادث وفاة بمنطاد في التاريخ.

• أمـا أول امـرأة حلقت بمنطاد فقد كانت الفرنسية (ماري ثيبل – Marie Thible) من ليون وذلك في عام (1894) حين حلقت إلـى ارتفـاع (8،500 قدم) خلال فترة (45 دقيقة).

• وأما أول محاولة تحليق في العالم الجديد فقد قام بها (بلانشارد) سابق الذكر بمنطاده الذي أدهش الأمريكان وكان بين مشاهديه الرئيس (جورج واشنطن) شخصيا.

• ابتدع شارل (صرعة) الطيران بالمناطيد إلا أنه (ورغم شهرته الذائعة) لم يُجهد نفسه عناء نشر اكتشافاته العالمية ولم يُعرف قانون غازاته الشهير إلا بعد أن نشره للعيان (كاي – لوساك) في عام (1878). وله يعود الفضل أيضا في تحسين وتطوير بقية تجاربه.

من الملاحـظ هنـا بشـأن الغازات نقطتـان: أولاهما:

أن العلاقـة بـين الضغط (P) درجـة والحرارة المطلقـة (T) والتي تكتب على شكل، (P = kT) هي علاقة نمطية غير معقـدة وأنهـا تسمى خطا (بقانون كاي – لوساك).

وثانيهما سبق قيام الفيزيائي الفرنسي [غلوم امونتون (1663 – 1705) Guillaume

Amontons] بالعديد من الأبحاث حول العلاقة بين ضغط الغازات ودرجات حرارتها رغم عدم مقدرته الحصول على محارير دقيقة، وقد قام بالفعل بإثبات حقيقة ازدياد ضغط الغاز بارتفاع حرارته عند ثبوت حجمه ومقداره. لقد اكتشف (امونتون) هذا علاقة مهمة أخرى والتي تسمى من قبل البعض بـ(قانون امونتون) والتي تختص بالاحتكاك بين سطحين... حيث استطاع أن يثبت تناسب قوة الاحتكاك بين سطحين مع القوة العمودية المسلطة عليهما، واقترح إيجاد معامل الاحتكاك (وهي صفة خاصة بالأسطح ذوات الشأن ولا علاقة لها لا بحجميهما ولا بمساحة التماس بينهما). ومن الجدير بالذكر هنا تسجيل سبق (ليوناردو دافنشي – Leonardo da Vinci) للجميع في التفكير بمثل هذه العلاقات ولكن فضل اكتشافها فلا شك يعود وبلا منازع لصاحبنا (امنتون).

شهد فجر القرن الواحد والعشرين العديد من الدراسات والتجارب لاكتشاف مدى صلاحية تطبيق (قانون امنتون) عند استخدامه لقياس تصرف المواد بمقاييس صغيرة ومتناهية في الصغر تتراوح بين عدة مليمترات وعدة نانومترات[1].

تصاعد اهتمام البحاثه والعلماء بتطبيقات (قانون امنتون) اليوم خصوصا بعد تطور عصر المعلوماتية والحاسوب وبالأخص قسمها المختص بالجانب الصلب (Hardwere) كالأنظمة الإلكترونية الميكانيكية الميكروية (Micro – Electromechanical Systems – MEMS)، والمقصود بها الأنظمة الميكانيكية الدقيقة المستعملة في طابعات الحواسيب السريعة وفائقة السرعة كمثل طابعات الحقن (Ink Inject – InkJet) والدوائر الإلكترونية الدقيقة المختصة بقياس تعجيل السرعة واللازمة لهندسة دقة أنظمة تفجير أكياس الهواء (Air Bags) في مقود السيارات وأمام المقاعد عند الضرورة. أما الأنظمة (الإلكتروميكانيكية الميكروية) فتعرف بأنها أساليب تصنيع متناهية الصغر والدقة تستعمل فيها

(1) – Nanometer (النانومتر) – وحدة قياس تساوي واحد من ألف مليون جزء من المتر الواحد (10 – مرفوعة إلى الأس السالب التاسع من المتر). (المترجم).

الربوتات المبرمجة مسبقا لضم العديد من الأجزاء الميكانيكة الدقيقة والمجسات ودوائر الترانزستور ضمن لوحة سليكونية صغيرة وبمنتهى السرعة والكفاءة.

مـن المتوقع ألا يستجيـب (قانون امنتـون) لتفسير ودراسة التطبيقـات الإلكتروميكانيكية المتناهية في الصغر (بحجم رأس دبوس مثلا أو أصغر)، وذلك لأن هذا القانون كان قد صمم وطبق في صناعة المكائن التقليدية ودراسة الاحتكاك المتولد بين المتحرك من أجزائها والتآكل النـاتج عن ذلك. [وللاطلاع على المزيد فيما يخص علم الاحتكاك (Tribology) في هذا الكتاب لاحظ مدخل (قانون كولوم في الاحتكاك) في صدر حديثاً عن (كولوم)].

دعني أعود بك إلى جانب مهم من حياة (جاك شارل)، فقد كان للرجل روحاً وثابة ترنو إلى المغامرة والاكتشاف والمتعة. وكان محبـا للحياة، خبيراً بسبلها، ذواقاً لمشاربها. ولعل الطفل الحـالم داخله وجد أكبر متنفس لتحرره وانعتاقه في اختراعه، وهذا ما يعكسه بوضوح فرحه العارم وبهجته الطاغية خلال تحليقه عاليا بمناطيده.

لقد وصـف (ريتشارد همبلـن – Richard Hamblyn) شعور (شـارل) ومقدار غبطته خلال إحـدى رحلاته الانفرادية في السماء وصفا رائعا في كتابـه ذي العنوان الطويل والغريب وهو (كيف صاغ هاوي النيازك لغة التفاهم مع السماء: الاختراع الأمثل لامتطاء غيوم الفضاء)، والذي جـاء فيـه:

((لم يصـدق أبدا مـا رأته عيناه حتـى كاد يعيد كلامه مرات ومرات لنفسـه ليؤكد لها وعيها، لقد انحفر ذلك المشهد الخلاب في ذهنه وتشربت به جوارحه حتى صار جزءا لا يتجـزأ من فكـره وكيانه. لقد طار فعلا، كما لم يطر (لا هو ولا أي إنسـان من قبل). لقد فكر وخطط بدقة كي تبدأ رحلته عند الغروب (وكأنه أراد أن يصنع الفجر بيديه!) وحاول هذه المرة استعادة منظر الغروب ثانية، فاستمر بالارتفاع والارتفاع حتى لاحت لناظره الشـمس مرة أخرى، انتشـى بهذا السراب الخلاب وملأ حدقتيه بمرآة. أما يراه حقيقة؟؟ أيمكنه حقا رؤية الغروب مرتين؟؟... اسـتمر بالمراقبة والتمعن واسـتزاد منه حتى غابت الشـمس ثانية، فما كاد يحط على الأرض بمنطاده أخيرا ويخرج من سـلته سـالما... حتى كانت التجربة الفريدة قد غيرت الإنسـان داخله فأصبح غير الإنسان،

ومــلأ الانبهار داخله كما لم يحدث له من قبل!... كيف لا وقد أدارت الشــمس ذاتها وجهها عنه، خجلاً منه مرتين كما لم تفعل لبشر قبل الآن!)).

وافقــت الأمانة العامة لاتحاد الفلكيــين العالميين في عام (1976) علــى إطلاق اسمه على إحــدى فوهات جبال القمر والبالغ قطرها (كيلو متر واحد) فصار اسمها (فوهة شارل) منذ ذاك وإلى الأبد...

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Evans, Charles, *War of the Aeronauts: The History of Ballooning in the Civil War* (Mechanicsburg, Pa.: Stackpole Books, 2002).

Gough, J. B., "Jacques Charles," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Hamblyn, Richard, *The Invention of Clouds: How an Amateur Meteorologist Forged the Language of the Skies* (New York: Picador, 2001).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• نعلم يقينا أن هناك مشاهدات وحقائق لا يمكننا أبدا إثباتها منطقيا رغم بداهتها، فما بالك بأخريات قد يتطلب إثباتها ما ليس في نطاق قابليتنا الذهنية ولا الفكرية... أو هي خارج نطاق حواسنا أصلا. والآن ما رأيك بتفاصيل قد يستوجب إثباتها ملايين الصفحات؟ بل ما رأيك بأخرى بحاجة إلى ملايين ملايين الصفحات؟ إن كان للإدراك البشري حدود (وبأي شــكل من الأشــكال)، ألا تتفق معي أنه ستكون هنالك براهين لتفاصيل وحقائق ستظل تحوم دائما خارج نطاق منطق واستيعاب ذلك الإدراك ولن نتمكن من إثباتها قط!؟؟

كلاوسن

Calvin Clawson، (Mathematical Mysteries).

مقتطف من كتاب كالفن كلاوس، (الرياضيات وغوامضها).

• تمثل القدرية للمتدين، النموذج الأمثل للإله (جل وعلا) كالخالق المتصرف بكافة خلقه وبقوانين الكــون. والآن إذا ما فرضــنا أن الكون كمادة وجماد... وكل ما تتألف منهما من مشــتقات وكائنات،

ما هي إلا مخلوقات منقادة لقوانين الطبيعة التي خلقها واجدُه (سبحانه)، ألا توافق معي عندها، أنه وحده سيكون القادر على تعليق أو إيقاف مثل تلك القوانين ولو لفترة محدودة من الزمن؟، وحينئذ فقط، سيسمح وحده (سبحانه) بحدوث المعجزات؟؟.

ألس

Brain Ellis، (The Philosophy of Nature، A Guide to the New Essentials).

مقتطف من كتاب براين اليس، (فلسفة الطبيعة، دليلك إلى الحتميات الجديدة).

• هل لك أن تخمن وتحزر ما هو أجمل وأهم وأروع ما تخبئه لنا غوامض الأحداث والأمور؟... إنه المجهول.. وذلك المجهول هو – وبلا أدنى شك – إلهامنا الخالد لإنجاز روائع الفن واكتشاف ثوابت العلوم وتذوق تجليات الفلسفة. إن كل من لا يتمتع بحس المغامرة أو رغبة المحاولة لإدراك المجهول وتذوق طعمه، وكل من لا يقف حائرا متفكرا أمام دقائق هذا الكون محاولا فهمها، فهو والميت سواء بسواء... كلاهما بعيون مغمضة وعقول معطلة.

اينشتين

Albert Einstein، (What I Believe)، Forum and Century.

مقتطف مما كتبه ألبرت اينشتين في (إيماني بما أعتقد). تجليات الفلسفة.

• اعتبر (شخصيا) الرياضيات كأحد أهم الإنجازات البشرية عمقاً، فهي تعكس الحقيقة وهي شديدة القرب منها. لقد بدأت الرياضيات مع بدء تبلور إدراك البشر، فلقد باشر استخدامها بالعد على أصابع يده الواحدة وبعد ذلك بأجيال استخدمها حينما وطئت قدماه القمر. كانت (الرياضيات) ولاتزال طريقنا الأمثل للفهم والإبداع والتعامل مع الأشياء وإدراك كنهها.

ولا أستبعد مطلقا أن يكون للإدراك ذاته وجه رياضي سيترجم لنا يوما ما الحوار الذي يدور بين محاور عصبونات أدمغتنا إن عاجلا أم آجلا. أنا لا أتفق مع الرأي القائل بأن تفكيرنا البشري ما هو إلا مسلمات محدودة وغرائز مجردة زُرعت في عقلنا الباطن لينفذها عقلنا الواعي. أنا أومن أن عقلنا البشري هو عبارة عن مجموعات لا متناهية من المصفوفات الرياضية كانت وستظل دائما قادرة على الإبداع. نعم، سيبقى تاريخ البشرية ومستقبلها قادرا على تسجيل ظهور النوابغ والأفذاذ كأبطال حقيقيين على مسرح الوجود،

على عاتقهم تقع مسؤوليات التغيير والتنوير ودفع شعلة الفكر إلى الأمام وإدامة إوارها.

لقد أتحفنا التاريخ بـ(ارخميدس) و(نيوتن) و(كولوم)، كما أتحفنا بـ(آلان تيورنك - Alan Turing)[1] الذي فك شفرة (المارشال رومل) فأطلع الحلفاء على مضامين كافة رسائله السرية ومكنهم من مهاجمة قوات المحور المنسحبة إلى برلين وبـ[(جون فون نيومن - John von Neumann) (صاحب فكرة «القنبلة» من ارتفاعات شاهقة)] وسيظل يتحفنا بنوابغ أمثال (اينشتين) و(هاوكنج).

مانن

Yuri I. Maning، (Mathematical Knowledge، Internal، Social، and Cultural Aspects)، March 2007.

يوري آي. مانن في كتابه: (المعارف الرياضية وتطبيقاتها الداخلية والاجتماعية والحضارية. آذار (مارس) 2007.

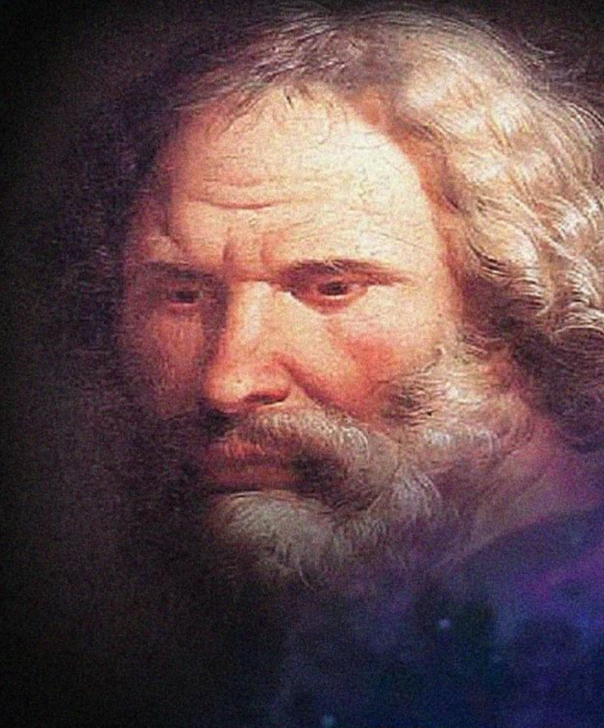
(1) (23 حزيران (جون) 1912 – 7 جزيران (جون) 1954) منطقي ورياضي وخبير شفره وعالم حاسوب إنكليزي لامع، كان له مشاركاته في علوم الحاسوب واستعمال (اللوغارتم) فيها وفي اختراع آلة حملت اسمه (Turing Machine) أسست لصناعة الحواسيب. كان له باع طويل في كسر الشفرة البحرية الألمانية وإسقاط آلتهم المعجزة المستعملة في ذلك (Enigma Machine)، ساء تصرفه وسيئت معاملته وأنهى حياته بتناوله مادة (السيانيد) قبل أن يبلغ عامه (42). قدم رئيس وزراء بريطانيا (كوردن براون - Gordon Brown) اعتذار الحكومة البريطانية الرسمي له بتاريخ (10) أيلول (سبتمبر) من عام 2009. (المترجم)

العربية

الكتاب عبارة عن سفر غني ثرّ مثل جولات مستفيضة ومختصرة ومناقشات مفهومة وأخر غامضة، وسجالات ناجحة وغيرها فاشلة.. ما بين مبدعين أقل ما وصفوا به هو الألمعية والعبقرية.

سيقاد ذهنك ويؤخذ لبك في رحلة شيقة معطاء ليس أقلها التعرف على (معنى الحقيقة حقاً!)، و(متى سيكتشف القانون الأخير في الكون؟)، وكيف تتذوق (إثبات جمال الرياضيات ورشاقتها)، و(إدراك فضلها على سائر العلوم)، فضلاً عن معرفة (الأماكن التي عاش فيها مكتشفو القوانين ومبدعوها) ومعايشة (صبرهم ومعاناتهم) ومن ثم اكتشاف سر (أشهر عشر معادلات رياضية حملتها طوابع نيكاراجوا البريدية)!.

كما ستتعرف على مبدأ الشك (لهيزنبرك)، والمعادلات الموجية (لشرودنجر)، ومعادلات المجال (لأينشتين) ونظريته في النسبية، وما يراه (هاوكنج) بصدد هندسة ومصير الكون وتوصيفه لثقوبه السوداء، و(دلو) لتطورها البيولوجي، وعشرات غيرها.





كتاب
العربية
15

د. كلفورد أ. بكوفر

رواد المعرفة عبر القرون

من أرخميدس حتى هاوكينج

الجزء الثاني



ترجمة

د. إيمان نوري الجنابي

1432 هـ - 2011م

بسم الله الرحمن الرحيم

الجزء الثاني

رواد المعرفة عبر القرون

من أرخميدس حتى هاوكنج

ح وزارة الثقافة والإعلام، المجلة العربية، 1432هـ
فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
بكوفر. كلفورد أ.
رواد العلم عبر القرون من أرخميدس حتى هاوكنج/ كلفورد أ.
بكوفر . الرياض، 1432هـ
3 مج.
1076ص : 23.5x15.5 سم
ردمك 7_02_8079_603_978 (مجموعة)
8_05_8079_603_978 (ج3)
1 ـ العلماء 2 ـ العلوم ـ تراجم أ. العنوان
ديوي 925 1432/820

رقم الإيداع: 1432/820
ردمك: 7_02_8079_603_978 (مجموعة)
8_05_8079_603_978 (ج3)

قوانين العلوم والعقول الجبارة التي أبدعتها

ARCHIMEDES
TO HAWKING
CLIFFORD A.
PICKOVER
Oxford
UNIVERSITY PRESS
2008

رواد المعرفة عبر القرون

من أرخميدس حتى هاوكنج

تأليف

د. كلفورد أ. بكوفر

ترجمة

الدكتور إيمان نوري الجنابي

الطبعة الأولى

1432هـ - 2011 م

كتاب العربية

15

كتاب
العربية
15

رئيس التحرير

د. عثمان الصيني

www.arabicmagazine.com

لمراسلة المجلة على الإنترنت

info@arabicmagazine.com

الرياض: طريق صلاح الدين الأيوبي (الستين) - شارع المنفلوطي

تليفون: 4778990-1-966 فاكس: 4766464-1-966

ص.ب 5973 الرياض 11432

الباب الثاني

الفصل الثالث

القرن التاسع عشر - (1800 - 1900)

الباب الثاني

الفصل الثالث

1800 - 1900

– للعلم نكهة بديعة وطبيعة رقيقة، فهو سيستمر بإمتاعنا ويتابع مفاجأتنا بالكثير من الابتكارات والاختراعات وبعد ذلك سيُبهرنا بوضع الأساليب والتصاميم، وأخيرا وفي صلب ذلك التطور العلمي ستتجسد التكنولوجيا التي ستوفر لنا الآلات العلمية والأدوات المعرفية الضرورية لتحقيق ما سبق اكتشافه وابتكاره واختراعه من الطرق الجديدة. وعليه فما نسميه إنجازاتنا العلمية اليوم هو: التعرف على طرق جديدة، وما نطلق عليه التطور هو تجديد استفادتنا من تلك الطرق. وأخيرا سنقتنع حتما بأن التطور الحقيقي والتقدم هو في طبيعة ما نعرف... أكثر من كونه اتساعا وامتدادا لما نعرف فعلا.

كلي

Kevin Kelly، (Speculations on the Future of Science)

مقتطف من كتابه (توقعات حول مستقبل العلم).

– إذا ما صرح عالم جليل مرموق بأن شيئاً ما لابد أن يكون موجودا وممكنا فعلى الغالب الأعم سيكون على حق، ولكنه إذا ما أصر على أن شيئاً ما مستحيل ولا يمكن أن يكون فغالبا ما سيكون على خطأ.

كلارك

Arthur C. Clark، Profiles of the Future، 1962.

مقتطف من كتابه (سمات المستقبل).

–... ولكن إذا ما ساند الجمهور فكرة عالم حصيف خبير واندفعوا خلفها هستيريا وعاطفيا، فعلى الغالب الأعم سيكون ذلك العالم الجليل على حق.

اسيموف

Quasar، Quasar[1] Burning Bright، 1976 Isaac Asimov[2]،

مقتطف من كتابه (الكويزرات البراقة).

(1) Quasar – مجموعة محددة من الأجرام السماوية (ويعتقد أنها نجوم هائلة أو مجرات منفجرة تمتاز بزيغها الأحمر (Red Shift) وبشدة لمعانها مما يعكس بعدها الساحق عنا وطاقتها الهائلة الناتجة عنها والعنوان المذكور هو لمجموعته القصصية الثالثة عشرة والتي تحتوي على سبع عشرة قصة من ضمنها واحدة تحمل هذا العنوان، كتبها ما بين 6 أيار (مايو) 1976 – أيلول (سبتمبر) 1977. (المترجم).

(2) Isaac Asimov: راجع الحاشية رقم (1) الخاصة به أسفل صفحة (98). (المترجم).

– لقد تمكن العلماء والمهتمون – وعن جدارة – من تنفس الصعداء حينما أوشكت شمس القرن التاسع عشر على الغروب ونجمه إلى الأفول. لقد صار بإمكانهم التمتع بالنوم الهنيء لأنهم تأكدوا من أنهم قد انتهوا من وضع أصابعهم على أغلب إن لم نقل على جميع خوافي الفيزياء ومعضلاتها، وقد حلوا وسيطروا على كافة مشاكلها وأسرارها. فهم قد تمكنوا من وضع المعادلات الرياضية الراسخة والتي تفسر كافة الظواهر الكهربائية والمغناطيسية وتصرف الغازات والضوء والصوت، وفهموا الحركة والإحصاء والميكانيك حتى دانت جميعها لهم بالطاعة والولاء واستجابت لما وضعوه من أسس وقوانين بالوفاء. ومن لا يغبطهم على كل ذلك وقد كللوا نجاحاتهم أخيرا باكتشاف الأشعة السينية وأنبوب الأشعة الكاثودية والإلكترون والنشاط الإشعاعي وتمكنوا من (اختراع) وحدات الأوم والواط والكلفن (الدرجة الحرارة المطلقة) والجول والأمبير ولم ينسوا حتى وحدة الأرك[1] الصغيرة.

برايسون

Bill Bryson، A Short History of Nearly Every thing.

مقتطف من كتابه (الموجز في تاريخ كل شيء).

(1) Erg – هي وحدة الطاقة والشغل الميكانيكي في النظام المتري الحديث (سنتيمتر – غرام ثانية – CGS System – واسمها مشتق من كلمة (اركون – Ergon) الإغريقية وتعني العمل. وتعرف بأنها مقدار العمل الذي تنجزه قوة مقدارها (داين واحد) لمسافة مقدارها سنتيمتر واحد ويساوي غرام × سنتيمتر مربع لكل ثانية مربعة (g. cm2 / S2). والأرك الواحد = 10 إلى القوة السالبة السابعة جول ويساوي = 624.15 كيكا الكترون فولت، ويساوي(الارك) الواحد (داينا) واحداً مضروباً في سنتيمتر (عن الويكابريا) – (المترجم).

قانون دالتن للضغوط الجزيئية

DALTON'S LAW OF PARTIAL PRESSURES

إنكلترا 1801 ـ

في مزيج غازي، يُسلط كل عنصر ضغطه على جدران الإناء الذي يحويهم جميعا، كما لو كان الوحيد فيه، أو بعبارة أخرى: **الضغط الكلي لمزيج غازي في إناء يساوي حاصل جمع ضغوطهم الجزئية جميعا كل على حدة.**

مصادر ذوات علاقة:

جيمس جول (JAMES JOULE) وقانون شارل للغازات (CHARLES'S GAS LAW) وقانون النسب المتعددة (THE LAW OF MULTIPLE PROPORTIONS) والنظرية الذرية للمادة (THE AROMIC THEORY OF MATERER).

من أحداث عام 1801:

- انتخب (توماس جيفرسن - Thomas Jefferson) رئيسا للولايات المتحدة الأمريكية[1].

- اكتشف الكيميائي والفيزيائي الألماني (يوهان فلهلم رتر - Johann Wilhelm Ritter) الأشعة ما فوق البنفسجية، وتوفي عن عمر لم يناهز الثالثة والثلاثين ربما نتيجة كثرة تعريض جسمه لها وإخضاع نفسه للعديد من تجارب الفولتية العالية بسببها.

نص القانون وشرحه:

ينص قانون دالتن للضغوط الجزيئية على أن **كامل الضغط (Pt) المسلط على جدران إناء من قبل خليط غازي لابد وأن يساوي حاصل جمع كافة الضغوط الناتجة من إضافة ضغط كل غاز**

(1) (1743-1826) وهو الرئيس الثالث لها، وهو المحرر الرئيسي لوثيقة استقلالها ويعتبر من الآباء المؤسسين. (المترجم).

(كما لو أنه كان الوحيد في ذلك الإناء وكأنه يشغله بكامله) إلى ضغط كل غاز آخر في المزيج. ويمكن صياغة هذا القانون والذي عُرف بقانون دالتن أو بقانون دالتن لمجموع الضغوط –Dalton's Law of Additive Pressures– بطريقة رياضية كما يلي:

$$\boxed{P_t = p_a + p_b + p_c + \ldots,}$$

حيث يُمثل فيها P_t – الضغط الكلي الناتج عن المزيج بكامله والحاوي على الغازات a و b و c و... الخ.

و p_a و p_b و p_c و... الخ، هي الضغوط الجزئية للغازات المكونة للمزيج، وعليه يمكننا الاستنتاج وكما ذكر سالفا بأن المقصود (بالضغط الجزئي) لأي غاز هو الضغط الذي يسلطه ذلك الغاز على جدران الإناء الذي يحويه وكأنه يُشغله بكامله وذلك تحت نفس ظروف الضغط والحرارة وكأنه لا وجود لبقية غازات المزيج (الذي هو نفسه أحد مكوناته) فيه.

وعليه يمكننا إدراج المثال المبسط التالي؛ عند مزجنا لخليط غازي مكون من كميات مختلفة من غازات الأوكسجين (O_2) والأركون (Ar) والهيليوم (He) في إناء بحيث يكون لهم الضغوط الجزئية التالية 1 و 2 و 3 (جو) على التوالي، فإن الضغط الكلي لذاك المزيج في داخل الإناء الذي يحيويه سيكون:

الضغط الكلي للخليط = الضغط الجزئي للأوكسجين + الضغط الجزئي للأركون + الضغط الجزئي للهيليوم = 6 جو

ويتضمن **(قانون دالتن)** إمكانية اعتبار الضغط الكلي للغلاف الجوي للأرض كحاصل جمع للضغوط الجزئية لكافة مكوناته الغازية وهي ضغط الأوكسجين والنتروجين والأركون وثاني أوكسيد الكربون وبخار الماء وبقية الغازات النادرة في الغلاف الجوي.

لقد افترض **(جون دالتن)** حجما متناهيا في الصغر لكل ذرة أو جزيئة غاز أدخلها في حسابات قانونه وعليه فإن كمية (الفضاء) الموجود بينها لابد وأن يكون من الجسامة والعظم بحيث ستتحرك كل واحدة منها بحرية كاملة في كامل اتجاهاتها ولن تؤثر مطلقا على حركة أية من الذرات أو الجزيئات التي ستشترك معها في أي حيز يصدف أن يتجمعوا فيه، وهذا ما هداه إلى الاعتقاد بأن ضغط نموذج معين من غاز محدد ضمن مزيج من الغازات في حيز معين وتحت ظروف ضغط وحرارة معروفين

لابـد وأن يساوي ضغطه وكأنه يحتل كامل ذلك الحيز. ولكننا حين ندرس تصرفات الغازات تحت ظـروف استثنائية من الحرارة المتدنية جـدا أو الضغوط الهائلة العظيمة، سنتوقع حدوث زيغ بين في تصرفاتها وهذا هو واقع الحال بالفعل. كما علينا أن نتذكر أيضا أن انعدام حدوث أي تفاعل كيميائي بين غازات المزيج الخاضع لهذا القانون لهو من الشروط المهمة جدا لتحقيقه كذلك.

قـد يظهر قانون دالتن (قانونا تافها) للوهلـة الأولى، إلا أنه في الحقيقةواحد من أكثر قوانين الغـازات استعمالا في الحياة العملية، ولتوضيح ذلك دعنـي أذكرك بإحدى التجارب الشيقة التـي يراها ويمارسها طلاب المرحلـة المتوسطة في مختبراتهم حينما يتعرفون على مادة الكيمياء وتجاربهـا لأول مرة؛ تلك هي تجربة جمع الغاز الناتج من تفاعل حامض قوي مع برادة الحديد (Fe) مثـلاً. للحصـول على غـاز الهيدروجين (H_2)، أو مـع برومـيد البوتاسيوم (KBr) للحصول على غاز البرومين (Br). تتم هذه العملية عادة بجمع الغاز المتولد في قنينة عن طريق إزاحـة الماء منها، فحالما ينتهي خروج المـاء من القنينة نعرف حالا بأنها قد امتلأت تماما بالغاز الـذي حل محله، وذلك على فرض أن درجة ذوبان الغـاز المنتج من التجربة في الماء قليلة جداً ويمكن إهمالهـا. والآن إذا وصفنا تلك التجربة بشيء من التفصيـل فسنقول أن قنينة التجربة كانـت قد مُلئت بالماء ونُكست في حوض مملوء بـه، ووصل الأنبوب المتصل بدورق التفاعل إلى فوهتهـا المقلوبـة حيث تبدأ فقاعات الغـاز بالولوج إلى داخلها مزيحـة ماءها إلى الحوض الذي نُكست فيه. وبخروج الماء المحصور في القنينة وحلول الغاز محله سينحصر هو بدوره في داخلها. والآن عليك أن تتذكر بأن كمية الغاز المحصورة في القنينة الآن لا تمثل حجما صافيا مـن الغـاز وإنما هناك مزيج من الغاز الذي يحتوي على كمية معينة من بخار الماء الذي أزاحه. وهنـا يمكننا تطبيق قانون **(دالتن)** لإيجاد ضغـط الغاز الجاف وذلك بطرح مقدار ضغط بخار الماء المتولد في درجة حرارة التجربة من كامل مقدار ضغط الغاز في قنينة التجميع:

ضغط الغاز الجاف = ضغط الغاز الكلي – ضغط بخار الماء في درجة حرارة التجربة.

ويمكننـا في الحقيقة تعويض (مقـدار ضغط بخار الماء الجزئي) بعد نقله مباشرة من الجداول المعمولـة لهـذا الغرض والتي تحتوي على مقادير الضغوط الجزئيـة لبخار الماء في نطاق مدى

واســع جدا من درجات الحرارة. والآن باستخراجنا لقيمة ضغط بخار الماء الجزئي في درجة حرارة التجربة والتي فرضناها بـ (20) درجة مئوية من الجداول المختصة والتي ستكون (2.3 كيلو باسكال) وبالتعويض وبطرحها من ضغط المزيج الكلي والذي قيس ليكون (110 كيلو باسكال) فإننا سنحصل على:

110 - 2.3 = 107.7 كيلو باسكال

يشــكل **(قانــون دالتن)** موضوعــا في غاية الأهميــة يستقطب الكثير مــن الاهتمام من لدن غطاســي الأعماق وذلــك لضرورة معرفتهم بأن على صهاريج هــواء التنفس التي يحملونها أن تجهزهــم بالأوكسجين وبضغط معدل مقــداره (0.20) من الضغط الجوي الواحد وذلك لضمــان حسن الأداء الوظيفي الفزيولوجي لأجهزتهم التنفسية، وعليه لابد من الانتباه جيدا إلى... والأخــذ بالحسبان زيادة ضغط الماء عند بلوغ الأعماق وذلك تلافيا لانطباق الرئتين. وهنا تبرز أهمية صمام (معادلة ضغط الرئتين الداخلي مع ضغط أعماق المياه) وذلك بتحكمه بمقدار زيادة ضغط غاز الهيليوم في كمامة التنفس. ويوظف ذلك الصمام **(قانون دالتن)** عمليا من أجل التحكم بضغط غاز الأوكسجين الذي يتنفسه الغطاسون عن طريق ضبط خلط نسبته مع غاز الهيليوم الذي يجهز منفصلا عن طريق خزان آخر ملحقاً يحملونه على ظهورهم.

للفضوليين فقط:

• هل سمعت بعمى الألوان (الأخضر - الأحمر)؟ هو مرض وراثي متنحي لا يتمكن معه المصــاب من رؤية هذين اللونين، سميت هذه الحالــة (بالدالتونية) نسبة إلى جون دالتن الذي ولد مصابا بها وقد أجرى عليها العديد من الأبحاث.

• استطاع (دالتن) اكتشاف البيوتيلين (Butylene or Butene - C4H8) وهو غاز يستخدم اليوم في صناعات المطاط، كما تمكن من وضع الصيغة الكيمياوية الصحيحة (للايثر - ether ، $C_2H_5 - O - C_2H_5$) والذي كان يستخدم سابقا في التخدير.

• كان متعــدد المواهــب متضارب الميول - نشر في عــام 1801 إضافة إلى أبحاثه المهمة

حول خصائص الغازات، كتابا في قواعد اللغة الإنكليزية.

• درس في التسعينيات جمع من العلماء إحدى عينيه المحفوظة منذ وفاته، في محاولة منهم للتعرف على سبب معاناته من (عمى الألوان).

أقوال مأثورة:

– رغـم إمكانياتنا العظيمة على تقسيم وتجزئة وتشطير المادة، إلا أني على يقين أنه لا بد من الوصول في ذلك إلى حد سوف لن نتمكن من تجزئة المادة بعده، ولقد اخترت كلمة (الذرة – Aton) للتعبير عن ذلك (الجسيم) عظيم الصغر من المادة والذي يستحيل تقسيمه.

دالتن

John Dalton، A New System of Chemical Philosophy، 1808

مقتطف من كتابه المنشور بعنوان (نظام جديد في فلسفة الكيمياء).

– لقـد تمكـن دالتن من الرقي بالمفهـوم الذري من التصور الفلسفـي إلى التنظير العلمي – وذلـك بتأطيره وتهيئته لتفسير المشاهـدات الكمية واقتراح طرق اختبـار وتجريب جديدة، بالإضافة إلى إمكانية إعادة صياغته ليتمكن من التعبير عن التعاملات الكيميائية الكمية وذلك بإنشاء نظام المقارنة النسبية بين كتل ذرات مختلف العناصر.

ارونز

Arnold Arons، Development of Concepts in Physics.

مقتطف من كتابه (تطور المفاهيم في علوم الفيزياء).

– لا يتعـدى مفهومـا التحليل والتركيـب الكيميائيان منطق تفكيك الجزيئـات المادية إلى مكوناتهـا الأصليـة و/أو إعادة تشكيلهـا. وعند استيعابك لمفهوم إمكانيـة علماء الفلك أن يمحـوا كوكبا من كواكب مجموعتنا الشمسية من الوجود أو خلق واحد آخر في مكان مغاير – عندهـا وعندها فقط ستتمكن من إدراك استحالـة إيجاد أو إفناء ذرة هيدروجين واحدة!!

كل مــا نرومــه بل كل ما في استطاعتنا (ومهما أوتينا من قــوة) أن نفعله لم ولن يتعدى حقيقة فصل جزيئات (كانت متحدة سابقا) بعضها عن بعض، أو إعادة تقريب والتحام أخريات كن بعيدات عن بعضهن البعض.

دالتن

John Dafton، A New System of Chemical Philosophy، 1808.

مقتطف من كتابه (النظام الجديد في فلسفة الكيمياء).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولد الكيميائي والفيزيائي وعالم الأنواء الجوية الإنكليزي الشهير [جون دالتن John Dalton 1766–1844] في مدينة (ايكلزفيلد – Eaglesfield) في الجزء الشمالي من الجزر البريطانية، وعــرف عالميــا بمساهماته الفــذة في تطوير النظرية الذريــة، واعتبر أحد الآبــاء المؤسسين للعلوم الفيزيائية الحديثة.

امتــاز (دالتن) بكونه إنسانــا ذا شخصية هادئــة طموحة متزنة استطــاع أن يحقق العديد مــن النجاحات المهنيــة اللامعة رغم كل ما عاناه في حياته مــن صعوبات ومتاعب. لقد نشأ (دالــتن) في أسـرة بسيطة شديدة التواضع قليلة المال إلى حد الفقــر، كما كان هو نفسه مُحدِّثا سيئا كثير التلعثم والأخطاء اللغوية، عانى كثيرا من الحرمان العاطفي فضلا عن الحرمان المادي فلــم يتمكن مــن ضم رأسه يوما إلى صدر زوجة عطوف تلفــه بحنانها وتُنمّي لديه عواطفه، كمــا كان قد عيب عليه إصابتــه بعمى الألوان وعدم دقته وتسرعــه في إجراء تجاربه فوُصف (بالمجرب الفج) قليل الدقة والحذر. ولم يكن أحد ليشك أبدا بإمكانية ظروف أقل قسوة من كل ما ذكرناه على قصم ظهور رجال أباة وتكوين الحواجز والأسوار التي كان بإمكانها أيضا قتــل كل طموح لأي رجل. ولكن إصــرار (دالتن) وقوة إرادته جعلته نموذجا استثنائيا للجَلَد والمطاولة حتى استطاع الإدلاء بمشاركاته المتميزة في ميدان النظرية الذرية للمادة والتي تنص علــى أن كافة أشكال المــادة في الكون لابد وأن تتألف من وحدات صغيرة غير قابلة للتجزئة تسمــى الذرات والتي تختلف في أوزانها الواحدة عــن الأخرى، والتي لها قابلية الاتحاد مع

غيرها بنسب بسيطة. هذا وقد أكدت النظرية وقت ظهورها على استحالة تجزئة الذرة.

ولد (دالتن) لأب نسّاج انتمى إلى جماعة (الأصدقاء – Quakers)[1] وسكن مقاطعة (كمبرلاند – Cumberland) في بريطانيا، قضى طفولته بالشقاء والحرمان، يحرث الحقول ويساعد أباه في متجره لحياكة وبيع الأقمشة في حين قضت أخته طفولتها ببيع الأوراق والأحبار والأقلام. ولما بلغ الثانية عشرة من عمره شارك في إدارة مدرسة (الأخوة – Quaker's) كما شارك في التعليم فيها. انتقل بعد سنتين منها مع اخيه للتدريس في إحدى المدارس الداخلية في إحدى المدن الصغيرة وهي مدينة (كندال – Kendal)، أدرك دالتن، رغم ظروفه التي عانى منها حقيقة شغفه بالعلوم واعترف بتأثير الفيلسوف الطبيعي الضرير ذائع الصيت (جون كوخ – John Gough) عليه.

كتب (دالتن) رسالةً في عام ((1783 أفصح فيها عن احترامه وتقديره للرجل الذي رافقه وعلمه وأثر في مسيرة حياته، جاء فيها:

((لقد كان أستاذي الفاضل (جون كوخ- John Gough)) ضليعا باللغات اللاتينية والإغريقية والفرنسية ولقد كنت أكثر من سعيد ومحظوظ حين تتلمذت على يده، وقد علمني إياها جميعا. لقد كان أستاذي عبقريا فلذا اكتسب صفات نادرة ليس أقلها قابليته على استخدام حواس لمسه وتذوقه وشمه للتعرف على... وتصنيف كل ما يحيط بنا من نباتات وأعشاب وأزهار ولمسافة قطرها يتجاوز العشرين ميلا. لقد صاحبته سنين طوال وقد تلذذت بتلك الصحبة كما سعد هو بها لإشتراكنا في العديد من المزايا والخصال التي كونت الرابط الحبيب بيننا والشعور الأثير لقلبينا وأهمها عشقنا وولهنا بالمواضيع الرياضية والفلسفية)).

شغف دالتن بتسجيل الملاحظات المناخية وبالأخص تغيرات الطقس اليومية، تلك الهواية أو ذلك الولع الذي تملكه منذ عام (1887) وما تلاه. فقد دأب على تسجيل مشاهداته

(1) Quaker – حركة دينية يسمى عناصرها أنفسهم بالأصدقاء، نشأت في القرن السابع عشر وتنوعت نحلها وفصائلها وتباينت ميولها وعقائدها إلا أنهم التزموا باجتماعاتهم السنوية. لهم تعاليمهم الدينية المسيحية الخاصة ويعرفون لدى العموم بالتزامهم (بالمسيحية العالمية) وتحرير العبيد وحقوق الأقليات، والنساء والمساجين ومثيلي الجنس. (المترجم)

اليوميـة ولفـترة طويلـة حتى آخر يـوم في حياته. لقد جمعـت يومياته تلـك معلومات قيمة ناهـزت (200،000) ملاحظة صنفت بدقة وشملـت كافة علامات ونتائج تغيرات الطقس والمشاهدات المناخية المتغيرة لمنطقة (البحيرة) التي عاش فيها، ولهذا أطلق عليه العلماء الإنكليز وعلى رأسهم [جون فردريك دانييل (1790-1845) John Frederic Daniell] لقب (أبـو الأرصاد الجوية). لقد بلغ حب التسجيل بـ (دالتـون) مبلغا مرضيا عُصابيا لا شك فيه، حيـث صاحبه ذلـك الهوس في حله وترحالـه وحتى في أوقات فراغه ولهـوه فصار يسجل وبدقـة متناهية كافة الإصابـات والهفوات والملاحظات لكل مباراة مـن مباريات كرة القدم الأمريكية التي حضرها أو شاهدها.

أينعت موهبته الفذة في الرياضيات عندما كان في المدرسة، وتمكن من اكتساب شهرة ذائعة جراء تمكنه من الفوز دائما في مباريات الأحاجي والألغاز التي دأبت دورية (يوميات رجالية ويوميات نسائية) على إصدارها سنويا.

لقد حاضر (دالتن) بمهارة في مواضيع متعددة إضافة إلى اختصاصه في الرياضيات، شملت علـوم الحركة والبصريات وعلوم الفلك وتصـرف الغازات فاستحق لقب المحاضر المتميز في مدرستـه (كنـدال - Kendal). لقد كتب (ارنولد تاكـراي - Arnold Tachray) في مدخله من المؤلف الذائع الصيت (معجم سير العلماء الذاتية) يصف حالة الاندماج والهيجان التي تقمصت (دالتن) خلال فترة ولعه بالتدريس إلى الحد الذي نُقل عنه قوله: (لعل في مهنة التدريـس وممارستها سحرا لا يقاوم، وإلا فمالي أرى كل هذا التكالب على ممارستها من قبل كل مـن لـه موهبة وقابلية في أي حقل آخر غيرها). بـدأ حياته حالما بمستقبل مشرق في مهنة الطـب، ذلك الحلم الذي سرعان ما بدده ضيق ذات يده وسوء حالة عائلته المادية، أضف إلى ذلك ما اشتهر عنه من قلة صبره وتصرفه (ببعض الغرابة) لدى استماعه لشكوى بعض المرضى الأمر الذي حال دونه ودون تحقيق ذلك الحلم.

داوم (دالتن) خلال فترة انهماكه بالتدريس في مدرسة (كندال) على جمع كل ما كانت تقع عليه عيناه من نباتات وحشرات صغُر حجمها أم كبُر وكان شديد العناية بتوضيبها وتصنيفها

والاحتفــاظ بهــا وكان غالبا ما يردد: (لقد أخطأ كل من اعتقد بتفاهة هذه الأشياء أو بَخسها أهميتهــا فكل ذي حياة حري بأن يصنف ويدرس ولا ينبغي للعالم الحصيف أن يحتقر نعمة الحياة أينما وجدت).

عُيّن في عام (1792) أستاذا للرياضيات والفلسفة الطبيعية في الكلية الجديدة في (مانشستر– Manchester) والتي كانت قد أنشئت من قبل رعايا الكنيسة البروتستانية لغرض استيعاب وتطويــر قــدرات المتميزين مــن الطلاب الذين فشلــوا في الحصول على القبــول في جامعتي (كمــبردج) و(اكسفورد) واللتين كانتا لا تحتضنان إلا رعايا الكنيسة الإنكليزية. وانتخب في عــام (1794) أمينــا لمكتبة (مانشستر) ورئيسا للجمعية الفلسفيــة وهو المنصب الذي شجعه على إطلاق طاقاته فقدم أول أبحاثه المرموقة ولما يمضي على تعيينه شهرا واحدا، وكان بعنوان (حقائق غريبة ومشاهدات واقعية لظاهرة الرؤيا الملونة) وقد مثل هذا البحث باكورة الأعمال التي فتحت باب البحث والتقصي عن موضوع (عمى الألوان) وأول ورقة تنشر حوله.

وقــد قدم دالــتن في ورقته تلك دراسة منهجية علمية معمقة لتلــك الظاهرة وكان خير من وصفهــا وبيّن خفاياها كونه أحد المصابــين بها فعلاً. إن الحقيقة التي توصل إليها عند إدراكه لاختــلال ألوان الأزهار بالنسبة له عما يشاهده بقية زملائه ومحبيه والمثل الذي دأب هو على ضربــه عن نفسه كان: رؤيته للأزهار بلــون أزرق حينما تظهر للآخرين حمراء زهرية. ولقد أثرت بحوث (دالتن) ومنشوراته حول ذلك الموضوع على زملائه من العلماء والباحثين إلى درجة اقتناعهم بإطلاق (اسم) أو (حالة دالتن) على ذلك المرض.

لقــد ارتبط اسمه بتلــك الحالة إلى الدرجة التي بــدأت الإشاعات وحتــى الأساطير تُروى عنه... ومن بينهــا حادثــة شرائــه الجوارب الزرقاء الداكنة وتقديمها هدية إلى والدته في مناسبة عيــد ميلادها، الأمر الذي أثــار حفيظتها وأشعل نار غضبها عليه، ففــي تلك الأيام كان من المستهجــن بل ومــن العار على نسوه (مجموعــة الأصدقــاء – Quakers) ارتداء الجوارب الزهريــة اللون الفاقعة؟! لم تكــن في نية (دالتن) إغضاب والدته قــط فسارع يستشهد بأخيه ويحلّفــه بأغلــظ الأيمان عن لون – جوارب والدتهما الجديدة، فما كان من الأخ إلا أن أقسم

مطمئنـا – وبأغلظ الأيمان – بأن الجوارب زرقاء غامقة وبأن أخيه في حل من غضبها. وعند الوصول إلى تسوية تلك المعضلة العائلية تبين لدالتن – ولأول مرة – إصابة أخيه كذلك بمرض عمى الألوان (الأحمر – الأخضر) مثله تماما، وأن ما رآه هو وأخيه باللون الأزرق الغامق كان بالفعل جوارب حمراء فاقعة!!

لقـد زادت دقة وصف (دالتن) لتلك الظاهرة واهتمامـه بتفاصيلها من شهرته ومنزلته في مجتمعـه، رغـم فشله في محاولـة تفسيرها أو تفسـير كيفية الإصابة بها، فلقـد جاء في مؤلف (دالتن) الموسوم (حقائق غريبة) ما يلي:-

((لقد تبين لي، ومن دون أي مجال للشـك بأن أحد الأمزجة التي كونت عيني لابد وأن يكون ملونا وغير شفافا)).

وبناءعلى نظريته تلك أوصى بأن تقطّع عيونه وتدرس مليا بعد موته للتأكد من أن سبب طغيان اللـون الأزرق على كل ما شاهده خلال حياتـه كان نتيجة لوجود السوائل الزرقاء اللون فيها، والتي عملت على امتصاص اللون الأحمر الذي كان قد حُرم نعمة رؤياه. لقد تم بالفعل تشريح عيني دالتن ودراستهما ولكن ذلك العمل فند نظريته ولم يؤسس لها، ومن الجميل الاطلاع على ما كتبه هو عن نفسه وإحساساته حول إصابته تلك في كتابه (حقائق غريبة) حيث قال:

((أعتقـد أن ما يراه الآخرون ويصـفونه باللون الأحمر لا يظهر لعيني إلا على شـكل ظلال أو تشوه ضوئي لا أكثر، ولا تظهر الألوان التي يصفها الناس بالبرتقالي والأصفر والأخضر لي إلا كلون واحد يتدرج بجمال ودقة متناهية من الأصفر الغامق إلى الأصفر الفاتح المشرق الأمر الذي مكنني وبقوة ملاحظتي من التعرف عليها بوصـف اختلاف الظلال الصفراء التي أراها)).

افتتح (دالتن) في عام (1800) مدرسة خاصة ترأس إدارتها وأسماها (الأكاديمية الرياضية) والتـي خصصها لتدريس علوم الرياضيات والكيمياء، وقد نجحت تلك المدرسة نجاحا باهرا انعكـس إيجابيا على بحبوحته المادية من جهة وعلى إنجازاته الملفتة للنظر في تلك الفترة من جهة أخرى، وبالإمكان إدراج الأهم من تلك الإنجازات وتصنيفها ضمن المحاور التالية:

1 – تمكـن من اكتشاف (قانون شارل) والذي يصـف أسلوب تمدد الغازات تحت ضغـط ثابـت بارتفـاع درجة حرارتهـا. وقد سبقـت الإشـارة إلى أن (قانـون شـارل للغـازات) قـد سمـي على اسـم مكتشفــه [(جـاك شـــارل – (Jacques Charles (1746–1823)] والذي كان قد تمكن من اكتشافه بصورة مستقلة خلال الفترة التي سبقت اكتشاف (دالتن) له[1].

2 – اكتشـف ووضـع الصيغـة الرياضيـة لقانون جمـع الضغوط الجزئيـة للغازات الممتزجـة في إناء واحد. نُشر هذا القانون ولأول مـرة في دورية (المشاهدات والمتغيرات في الأرصـاد الجويـة) تحت اسم (قانون دالتن) والذي نص على تصرف كل غاز في مزيج كعنصـر مستقل وكأنه يحتل كامل الحيز المتوفر للجميع، ويُضاف ضغطه الجزئي في ذلك المزيـج إلى كامل مجمـوع الضغوط الجزئية لبقية المكونات للحصـول على مقدار الضغط الكلي للمزيج.

3 – ابتكـر ودافع عـن النظرية الذريـة الكيميائية التي تختصر حقيقة تكـون كافة مواد الكـون من وحدات دقيقـة أسماها بالذرات. وقـد قام كذلك... ومن وحـي هذه النظرية ومن خطواته الجادة لإسنادها بحساب الكتل النسبية لذرات العناصر المختلفة كالهيدروجين والأكسجـين والكاربـون والنتروجين. وقد أكد (دالتن) على لســان نظريته تلك على تشابه ذرات أي عنصـر مـن نواحي الشكل والـوزن والكتلة واختلافها عـن ذرات أي عنصر آخر بالشكل وبالوزن وبالكتلة أيضاً.

تمكـن (دالتن) كذلك من وضـع وصياغة قانونه للتناسب المتعدد والـذي ينص على التزام العناصـر في تفاعلاتها واتحادها مع بعضها البعض لتكويـن المركبات بنسب ثابتة بعضها إلى بعض ؛ يمكن التعبير عنها بأرقام صغيرة كاملة، كأن تكون

(1:1) أو (2:1) أو (3:2)... وهكذا. وتلقي هذه النسب الضوء على حقيقة تكوّن كافة المركبـات مـن وحدات أصغر منها هـي الذرات ولكن ما كانت تفتقـر إليه هذه النسب هو

(1) راجع مدخل قانون شارل للغازات (Charles's Gas Law) ابتداء من صفحة (352) من هذا الكتاب.

قابليتها على الإفصاح عن العدد الفعلي من ذرات كل عنصر والداخلة في تركيب أي مركب. إن تلـك المآخذ على نظريتـه الذرية والتي فتحت المضمار واسعـا لإنجازات عظيمة شهدتها العقود التي تلتها لم تضعف إصرار العلماء والأصدقاء من إطلاق لقب (أبو الكيمياء) عليه.

لم يعبر (دالتون) طريقـه بلا أشواك ومتاعـب وإنمـا جابهـت نظريتـه الذريـة الكثير مـن المعوقـات والمنغصـات العلميـة والشخصيـة إلـى الدرجـة التي دفعت الكيميائي الإنكليزي الشهـير [السر هنري انفيلد روسكـو (1833–1915) Henry Enfield Roscoe] إلى السخرية اللاذعة منه والتهكم عليه وعلى نظريته بوصفها (بنظرية الذرات الكروية المصنوعة من الخشب والتي اخترعتها مخيلة الأستاذ دالتن)

ولعـل (روسكـو) كان يشير بسخريته إلى النماذج الخشبية التـي غالبا ما استعملها العلماء لتمثيل الذرات المختلفة والمقارنة بين أحجامها المتباينة. ولكن رغم كل الانتقادات فقط شقت النظريـة الذرية طريقهـا بثبات حتى لم يُقبل عام (1850) إلا وقـد تقبلتها واقتنعت بصحتها جمهرة علماء الكيمياء وآلت مقاومة رفضها إلى الاضمحلال السريع.

اتسعـت اهتمامات (دالتن) بمـرور الأيام وازدادت المقالات والبحـوث التي صار ينشرها في مختلـف المواضيع، فلقد نمت ونضجـت عبقريته حتى مكنته من الخوض في مواضيع عدة متشعبـة متباينة، كمـا منحته إمكانية وضـع النظريات بخصوصها ومنهـا: الرياح التجارية ودرجـات حرارة التكاثـف، والحرارة، والشفـق القطبي، وقابلية ذوبان الغـازات في الماء، وتغـيرات الضغط الجوي، إضافة إلى ظاهرة التبخر وغيرهـا. واستطاع كذلك، ورغم الآراء القويـة المعارضة من تزكية الفكرة القائلة بأن الغلاف الجوي عبارة عن (**خليط فيزيائي**) يتألف من حـوالي (80% نتروجين و20% اوكسجين) خلافا للاعتقاد الذي سبقها بأنه عبارة عن (**مركب من عناصر عدة**). وقد قام بنشر آرائه وأفكاره المعارضة لكون الهواء مذيبا غازيا هائلا في دورية (المشاهدات والمتغيرات في الأرصاد الجوية)، ولكن قدره الذي شابه قدر كل العباقرة السابقين لأزمانهم أبى إلا أن تُهمل بحوثه المنشورة وتحرم في آنها من الاهتمام والتقدير الذي تستحقه فلم تجد صداها لا لدى العلماء ولا عند العامة من الناس، شأنها شأن قانونه المهم في

جمع الضغوط الجزئية لإخلاط الغازات.

جاء في نص الورقة التي نشرها **(دالتن)** في مجلة **(الفلسفة الطبيعية والكيمياء والفنون)** والتي تضمنت جانبا من قانونه الشهير في الضغوط الجزئية ما يلي:

((لا تتولد أية قوى نافرة ما بين جزيئات مائعين مرنين صادف خلطهما في إناء واحد أبداً. فإذا أسمينا المائع الأول (بألف) والثاني (باء) فلن تقاوم جزيئات (الف) جزيئات (باء) كما تفعل كل واحدة لنظيراتها، وعليه فإن الضغط المتولد من أية جزيئة على الأخرى (أو الوزن الذي تسلطه أي واحدة على الأخرى) سوف لن يتحقق إلا من قبل الجزيئات المتماثلة فقط على مثيلاتها)).

وإحقاقا للحق لابد علينا أن نذكر أن **(نظرية دالتن الذرية)** لم تكن دقيقة ولا صحيحة (100 %) وذلك لأنه صرح وبوضوح أن الذرات المتماثلة تؤثر الواحدة على الأخرى في حين لا يعنيها شيء ولا تؤثر مطلقا على أي ذرة لأي غاز آخر في نفس المزيج، ولكن رغم التعديلات والتغيرات الكثيرة التي شهدتها تلك النظرية عبر السنين وإلى يومنا الحاضر فإننا نجد أن المفهوم الأساسي للنظرية كان هو الذي أرشده إلى الطريق السوي في تصحيح تفكير معاصريه ومن ثم بناء أساس جديد قويم لعلوم الكيمياء، ذلك أن ذرات العناصر المختلفة لابد وأن تكون مختلفة على حين كانت النظرة (العلمية) السائدة آنذاك تصرعلى إنها متماثلة.

وضّح (دالتن) في أطروحاته بأن ذرات العناصر المختلفة لابد وأن تكون مختلفة في الحجم والكتلة وأن لكل عنصر ذراته الخاصة به والتي لا تُشابه ذرات أي عنصر آخر غيره؛ ولابد أن يكون كل طالب أو مختص قد لاحظ بأن كل ما سبق هو عبارة عن مبادئ لا بديل لنا عنها اليوم وهي التي كونت أُسس نظريته الذرية، وكنتيجة لما سبق لابد وأن يكون عدد ذرات الجزيئات المتماثلة متساويا بالعدد ومتشابها بالتركيب وهذه الفرضية بحد ذاتها تعتبر ذات أهمية جوهرية في علم الكيمياء اليوم وقد أسست له بالفعل.

لقد كان صاحبنا سباقا إلى مفهوم استحالة استحداث المادة أو إفنائها وذلك بإضفاء صفة

خاصــة على ذراته الكيمائية حين نشر آراءه في كتاب (**النظام الجديد في فلســفة الكيمياء**) والتي ذكر فيها: **أســتطيع وبلا تردد تشبيه مناقشاتنا في استحداث كوكب كامل جديد وإضافته إلى مجموعتنا الشمسية أو محو آخر منها، تماما كمحاولاتنا لا ستحداث ذرة هيدروجين جديدة وإضافتها إلى الكون أو إزالتها منه)، واسترسـل قائلاً: [أســتطيع أن أؤكد وبثقة عالية بأن هناك أعدادا عظيمة جدا (أكاد أقول لا حصـر لها) من الجزيئات الأولية (أو الذرات) والتي يســتحيل تغيرها أو تغيير أشــكالها أو حالاتها في الصميم أو تحويلها من شكل إلى آخر ومهما أوتينا من قوة وعزم)]**.

واقــترح كذلك، بأنه رغم إدراكنــا لوجود لتلك الأعداد الهائلة مــن الذرات وعلى سبيل الإطلاق إلا أن أنواعها وأصنافها قليلة جدا. وقد ذكر في كتاباته الأصلية وجود ما يربو قليلاً على نحو عشرين عنصرا في الطبيعة والتي صنفها إلى فصائل، أما اليوم فقد توصلنا إلى إدراك وجود وصنع ما ينيف عن المئة عنصر بعضها طبيعي الوجود، والبعض الآخر توصل الإنسان إلى استحداثها في المختبرات.

انتُخب (دالــتن) في عام (1816) لمنصب العضو المراسل للأكاديمية الفرنسية للعلوم، وفي عام (1822) زار باريس حيث قابل العديد من أشهر علمائها في تلك الحقبة من أمثال [بيير – سيمــن لابلاس (Pierre – Siman Laplaace (1749–1827] و [جوزيف لوي كاي – لوســاك (Joseph Louis Gay – Lussac (1778–1850] و [اندريــه ماري امبير (Andre – Marie Ampere (1775–1836].

وفي عــام (1817) تقلــد منصب (أمين مكتبــة مانشستر) و(رئاسة المجمــع الفلسفي)، المنصبــين اللذين ظـل محتفظا بهما للسبعــة والعشرين عاما التالية وحتــى موافاته لمنيته. كما انتخــب عضــوا في الجمعية الملكية عــام (1922) ومنحت له الميداليــة الملكية في (1826) تقديــرا وتثمينا لاستنباطه الفذ المتعلق بالنظرية الذريــة. وفي عام (1831) ترأس العديد من اللجــان العلمية التابعــة للجمعية البريطانية لتقــدم العلوم. وفي عــام (1836) أصبح نائب الرئيس المنتخب لها. ولكن القدر لم يمهله لإثبات وجوده والإضافة من ذاته لذلك التشريف العلمــي الرفيــع الذي خُصّ بــه فسرعان ما اضطــر إلى التقاعد وترك ذلــك المنصب بسبب

إصابتـه بضربتين متتاليتـين من حالات الشلل المفاجئ في عـام (1837) ولعل سببهما كان (علـى الغالب) إصابته بجلطة الدماغ نتيجة لارتفـاع ضغط دمه، واللتين أسلمتاه إلى بؤس العجـز البـدني والحركي الكاملين. ولكن العنايـة الإلهية ثم ما تبقى له مـن احترام الإنسان لأخيـه الإنسان أرجعتاه إلى أحضان الرضا والحبور بالنظر لزيـادة تقديره شخصيا وانتشار احترام علمه عالميا. ذكر (ثاكاراي – Thackaray) في مدخله عنه في (معجم سير العلماء الذاتية) تنامي الاحترام لشخصه في أواخر أيامه قائلاً:

((ولم يدرك المجتمع العلمي أهمية الرجل ونضـج أفكاره فطفق يخصف عليه من آيات الاحترام والتقدير الكثير، إلا لما آلت شـمس حياته للمغيب وأوشـكت ذُبابة مصـباح فكرة على الخبو. ففي أواخر أيامه وجد نفسه وقد انهالت عليه ألقاب الاحترام وآيات التبجيل وتم (تلميع) ماضـيه و(أحداث) حياته و(تجميل) صورته ومظهره الاجتماعي حتـى آل إلى أحسـن ما يطمح إليه إنسـان في حياته، ولكن سـاعة حيـاة الرجل كانت تدق دقاتها الأخيرة فودعها (دالتن) وهو يتذكر كل شـذرة، ويستعيد كل آية من آيات الاحترام والفخار والتشريف المدني الذي حظي به في أواخر أيامه)).

وفي عام (1794) أفصح (دالتن) عن مكنونات نفسه التي حالت بينه وبين زواجه وامتناعه عـن الرغبة بإنجاب أولاد له يحملـون اسمه، قائلاً: (لقد انشغل ذهني وامتلأ رأسي بالمثلثات والنظريـات والتفاعلات الكيمياوية والشحنات الكهربائيـة والتجارب العلمية وغيرها فلم يتبق فيه مجالا لا للحب ولا للزواج). لقد اكتفى في حياته بعلمه، وبمثابرته على تحقيق واكتمال متطلبات مذهبه الديني البروتستانتي الأخوي.

وفي عـام (1844) تعرض لجلطة دماغيـة ثالثة، أصاب يده على إثرها الرعاش الأمر الذي زاد مـن صحته سوءاً فمسك قلمه بيده المرتعشة ليسجـل آخر ملاحظاته حول أمور الطقس في اليوم السادس والعشرين من شهر تموز (يوليو) من ذاك العام، وفي اليوم التالي عاجلته منيته فوُجد مطروحا أسفل سريره بعد أن فارقته حياته إثر سقوطه منه.

مـلأ الحزن القلوب وطافت بالأعين الدموع وانتحب لوفـاة (دالتن) الألوف وشيعه (40

000) من الذين اصطفوا خلف جنازته في قاعة البلده في (مانشستر). أُقفلت المحال وعُطلت الأعمال في ذلك اليوم احتراما وتقديرا له وغطت جماهير المحتشدين مساحة ميلين مربعين من الأرض المحيطة بمقبرته عند دفنه.

ذكر (بل برايسون – Bill Bryson) في كتابه (موجز لتاريخ كل شيء) بأن عدد الصفحات التي كتبت في حق دالتن في طبعة عام (1885) من كتاب (**معجم السير الذاتية الوطنية**) قد فاق جميع ما كُتب بحق كل من تطرق إليهم ذلك المعجم ما عدا (داروين – Darwin) و (ليل – Lyell) من علماء ومشاهير القرن التاسع عشر.

تم احترام وصية (دالتن) وقطّعت إحدى عينيه بعد وفاته وتم فحص سوائلها فاتضح بأنها كانت تامة التكوين وطبيعية التشريح من كافة النواحي. كما قُطّعت ودُرست عينه الأخرى المحفوظة في المعهد الملكي في تسعينيات القرن الماضي وتم تحليلها خُلويا وصِبغيا الأمر الذي كشف عن فقدانها للصبغة المسؤولة عن إدراك اللون الأخضر. نعلم اليوم أن فقدان تلك الصبغة التي تمكن العين من رؤية (ومن ثم الدماغ لإحساس) وجود اللون الأخضر هي صفة وراثية متنحية تصيب خمسة بالمئة من الذكور الأصحاء اليوم بدرجة أو بأخرى. أُطلق على هذا النوع من عمى الألوان اسم (ديوتيرانوبيا – Deuteranope) نسبة إليه.

وكاستطراد نافع في هذا الخصوص لنا أن نذكر تمكن الباحثين في جامعتي كامبردج (Cambridge) و (نيوكاسل ابنتاين – Newcastle Upontyne) في عام 2006 من اكتشاف تعاظم قابلية أولئك الذين حُرموا من متعة رؤية اللونين الأحمر والأخضر (أي عمى اللونين الأحمر – الأخضر) على إدراك الظلال الدقيقة والاختلافات الضئيلة في بقية الألوان. فعلى سبيل المثال تمكن الباحثون من إثبات قابلية المصابين بعمى الألوان على تمييز درجات أكثر عدداً من ذات اللون الخاكي (Khaki) وهو اللون الأصفر المخضر مثلاً، في حين لا يمتلك الأشخاص الأسوياء مثل تلك القابلية. علقت (ألس كليمن – Elise Kleeman) على تلك الملاحظات بقولها:

(لقد دفعت تلك المشاهدات بصدق النظرية القائلة ببراعة أولئك المصابين بعمى اللونين الأحمر – الأخضر في الصيد وفي معارك القتال الليلي إلى الأمام... وذلك لصعوبة خداعهم بأساليب التمويه).

ويضيف الباحثون أيضا إلى أن حقيقة احتفاظ الجنس البشري رغم التطورات الوراثية والتصحيحات الجينية بتلك الظاهرة قد تعود إلى زيادة براعة مجتمعات الرعي والقنص في الصيد ليلا وفي تلافي الحيوانات المفترسة.

تم الاعتراف بأفضال (دالتن) العلمية وسبغ المزيد من الشرف عليه وذلك بإطلاق اسمه على إحدى فوهات القمر بعرض (60 كيلومترا) الاسم الذي تمت المصادقة عليه رسميا في عام (1964) من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين. ولقد ثُمّنت مشاركات دالتن وما أضافه إلى حصيلة المعرفة الإنسانية على أتم ما يمكن من قبل (ميشيل اتش هارت – Michael H. Hart) مؤلف كتاب (المئة العظام: تصنيف أكثر الأشخاص تأثيرا في تاريخ البشرية) والذي قلده فيه المنصب الثاني والثلاثين وأشاد في حقه قائلاً:

((لقد أحسن (دالتن) ابتكار وتوظيف نظريته الذرية للعناصر إلى الدرجة التي أقنعت معظم العلماء إلى تبنيها وفي خلال ما لا يزيد على العشرين عاما، كما استطاع إقناع كافة الكيميائيين على اتباع منهجه وما اختطه بشأن التفاعلات الكيميائية قاطبة وأعني بذلك حاجتهم إلى تحديد الوزن الذري النسبي بدقة، وتحليل المركبات الكيمياوية تبعا لأوزانها، وتعيين المكونات الذرية المحددة بدقة لأي فصيلة من المركبات والجزيئات. وقد يفوق تقييم الأطروحة الذرية للعناصر أي تبجيل، كما وقد تفوق حقيقتها أي إطراء فليس علينا النظر إليها، واعتبارها أقل من كونها المحور الأساسي اللازم لنا لفهم عوالم الكيمياء وكونها المحرك المركزي الذي تدار به كافة تفاعلاتها ونتائجها اليوم... وإلى ما شاء الله)).

لم تكد تمضي سوى بضعة عقود على وفاة (دالتن) حتى عبقت رياح تبجيله في الآفاق وسرت أخبار تكريمه إلى الأصقاع. كتب (هنري لونسديل – Henry Lonsdale) في

مؤلفه (كنوز كمبرلاند) في عام 1874 مؤبنا دالتن يقول:

((كما يسعى آلاف الحجاج من الإنكليز الكاثوليك متجشمين التعب والمعاناة تجذبهم أرواح القديسين وأضرحتهم إلى زيارتها في هذه القارة، فكذلك نجد في العالم وفي (إنكلترا) ذاتها من العلماء والباحثين ممن تشربوا بروح العلم وحبهم له، بحيث لم تعد ذكرياتهم حول مؤسسيه ولا قراءاتهم عن موجديه كافية لإرواء ظمئهم وشفاء غليلهم ولا لإطفاء شوقهم وتحرقهم، وإنما تراهم يجاهدون ويسعون بكل ما أوتوا من إصرار وقوة لزيارة ورؤية مسقط رأس سيد العلماء ورمزهم الأعظم في إنكلترا، (جون دالتن) والذي كان قد وهب باختراعاته وأفكاره للحضارة والتقدم الإنسانيين خيراً مما قدمه كافة القساوسة والقديسين لكافة الممالك المسيحية في طول الأرض وعرضها عبر التاريخ)).

وفي عام (1895) نشر (هنري إي. روسكو – Henry E. Roscoe) كتابه الموسوم (**جون دالتن وبزوغ فجر الكيمياء الحديثة**) والذي خلد فيه (**دالتن**) وزملاءه العلماء العظام من مانشستر من أمثال (جيمس جول – James Joule) والذي سيأتي ذكره في مدخل منفصل بقوله:

((في الرواق الكبير عند مدخل القاعة الرئيسية لمدينة (منشستر) تقف في استقبالك تحفتين خالدتين على شكل تمثالين رخاميين متقابلين، أحدهما (لجون دالتن) والآخر (لجيمس برسكوت جول) وبهذا التكريم والتبجيل تكون مدينة (منشستر) قد أوفت بدين تكريمها لوليديها البارين؛ لـ (دالتن): موجد الكيمياء الحديثة وواضع النظرية الذرية وقوانين مواصفات الاتحاد الكيميائي، ولـ (جول): موجد الفيزياء الحديثة ومكتشف قانون حفظ الطاقة. لقد منح الأول العالم البرهان النهائي على أن لا فقدان أبداً في المادة أو المواد التي تدخل في أي تفاعل كيميائي، ومنح الثاني الخلود للطاقة حينما تمكن من إثبات استحالة فقدان أي كمية منها في أي تحول فيزيائي)).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

"Biography of John Dalton." Salt Lake Community College: from ww2.slcc.edu/schools/hum_sci/physics/whatis/biography/dalton.html.

Bryson, Bill. *A Short History of Nearly Everything* (New York: Random House, 2003).

Dalton, John. "Extraordinary Facts Relating to the Vision of Colours, with Observations," in *Memoirs Of The Literary And Philosophical Society Of Manchester*, Volume 5 (London: Cadell and Davies, 1798).

Dalton, John. "New Theory of the Constitution of Mixed Aeriform Fluids, and Particularly of the Atmosphere." *Journal of Natural Philosophy, Chemistry and the Arts*, 5: 241–244, 1801.

Dalton, John, *A New System of Chemical Philosophy* (Manchester, U.K., 1808).

Cardwell, D., *John Dalton and the Progress of Science* (New York: Manchester University Press/Barnes & Noble Inc., 1968).

Greenway, Frank, *John Dalton and the Atom* (Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1966).

Hart, Michael H., *The 100: A Ranking of the Most Influential Persons in History* (New York: Citadel Press, 1992).

Kleeman, Elise, "In Combat, Stick with the Color-Blind," *Discover*, 27(3): 11, March 2006.

Lonsdale, Henry, *The Worthies of Cumberland* (London: George Routledge & Sons, 1874).

Roscoe, Henry, *John Dalton and the Rise of Modern Chemistry* (London: Cassell & Company, 1895).

Thackray, Arnold, "Dalton," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• لِمَ يا ترى على القوانين التي تحكم الكون أن تظهر لنا دائما ثابتة، مقننة حازمة؟ وهل بإمكاننا تخيل أي عالم آخر تكون هي فيه أقل مصداقية؟ سيكون جوابنا إيجابيا بالتأكيد إذا تكلمنا عن المعجزات التي يعلم الله (سبحانه وتعالى) كنه مكوناتها والتي يمكنه بالتأكيد إيجادها وخلقها. أما بالنسبة لعلوم الفيزياء فلا يتخطى طموحها التركيز على اكتشاف تلك القوانين (ولا ينبغي لها!) من ناحية، والتمني والابتهال أن تبقى الطبيعة والكون على ثباتهما كي يستطعن التنبؤ بمجرياتهما بدقة من ناحية أخرى. تساءل (اينشتين) يوما فيما لو أنه سيكون باستطاعتنا فهم، (وعقولنا إدراك) قوانين فيزيائية أخرى إذا ما شاءت الإرادة الإلهية خلق كون آخر بقوانين مغايرة عن كوننا هذا الذي نعيش فيه؟!

بنفورد

Gregory Benford، in John Brockman's' (What we Believe but Cannot Prove)

مقتطف من فصل له في كتاب (ما نؤمن به ولا نستطيع إثباته).

• لا تعتبر نظريات الفيزياء ولحد الآن إلا تمثيلاً مقربا، ولا تُقيّم إلا كنماذج تضاهي (ولا تطابق) حقائق الكون. ولكن بتقدم تلك النماذج وبزيادة دقتها سوف تتقدم أكثر فأكثر للتعبير بشكل أدق عن الحقيقة. يؤمن بعض علماء الفيزياء اليوم بوجود نظرية جديدة تُسمى بنظرية (الجاذبية الفائقة – Supergravity) وهو النموذج الدقيق (النهائي) الذي ستنطبق فيه كافة الاستنتاجات والتنبؤات الرياضية (تماما) مع الحقيقة.

ديفيز

Paul Davies، Superforce.

مقتطف من كتابه (القوة الفائقة).

• علينا التاكيد وإعادة التأكيد والإدراك بأن المبادئ الفيزيائية التي بين أيدينا ما هي إلا بنات أفكارنا، ابتكرناها لتفسير معطيات وحقائق الكون من حولنا ولم توجد هي نفسها ولا أوجدها (الكون ذاته) لتفسير تصرفاته. وفي محاولاتنا لفهم أسرارها وفي بحثنا عن حقيقتها نشابه وإلى حد كبير رجلا يحاول فهم ميكانيكية عمل ساعة بمجرد النظر إليها من خارجها عبر زجاجة المعرض الذي يحويها. فهذا الرجل يمكنه بسهولة مشاهدة وجه الساعة ومراقبة عقاربها تدور ولكن لا سبيل له لإدراك ماهيتها لأن لا طريقة أمامه لفتحها، ولو أضفينا إلى (رجلنا هذا) شيئا من العبقرية والحنكة لافترضناه قادرا على (تصور) طريقة عمل الساعة و(لأمكنه) وضع مخططه لذلك بناء على ملاحظته ومراقبته لها ولكنه لن يتمكن أبدا من الجزم بأن ما تخيله هو النموذج الواقعي الوحيد الممكن أن تكون تلك الساعة قد صنعت على غراره، هذا من ناحية، ومن ناحية ثانية سيستحيل عليه مقارنة نموذجه الذي ابتكره مع واقع حال الساعة (لاستحالة فتحها بالنسبة له) بل سيستحيل عليه حتى تخيل كيفية تحقيق أو معنى تلك المقارنة أصلا.

اينشتين

Albert Einstein، The Evolution of Physics

مقتطف من كتابه (تطور الفيزياء).

• لقد غيرت الطفرات السريعة والتطور المذهل في علوم الحاسبات مفهومنا عن العالم الفيزيائي من حولنا... من ذاك المعتمد على التعامل والتفاعل المباشر بين العناصر المادية، إلى آخر يجد من قواعد المعلومات (المجردة)

والمتنامية بوتائر تفوق الخيال أساسا لتفاعله. وفي هذا التصور للكون والطبيعة سنجد قوانين الفيزياء تقوم مقام برامج التشغيل أو لوغارتمات الاحتمالية والإخراج وسنجد العالم المادي من حولنا يقوم مقام الهيكل الصلب لذلك الحاسوب العملاق. (ولكنك إذا صغّرت نفسك وحددت تفكيرك وحصرتهما ضمن نطاق البرامج والهيكل، فهل ستتمكن من إدراك السبب الحقيقي وراء وجوده، أو ماهية مآل كل تلك الحسابات والعمليات الإلكترونية التي تتم بداخله أو حتى الغرض النهائي منها)؟؟ (المترجم).

دافيز

Paul Davies، (Laying Down the Laws)، New Scientist.

من مقالة له بعنوان (وضع القوانين).

قانون هنري للغازات

HENRY'S GAS LAW

إنكلترا 1802:

عند انعدام أي تفاعل كيميائي بينهما، تتناسب كمية الغاز المذاب في سائل مع مقدار الضغط المسلط على سطحه.

من أحداث عام 1802:

- اكتشف الفلكي [وليم هرشل (1738-1822) William Herschel] النجوم الثنائية لأول مرة (وهما نجمان متجاوران يدوران حول مركز كتلتيهما المشترك) ونعلم اليوم بأن هناك في المجرة والكون من حولنا أعدادا هائلة من أنظمة النجوم الثنائية وحتى الثلاثية.

- صاغ عالم الطبيعة الألماني (كوتفرد ترفرانس - Gottfried Trevirannus) ولأول مرة مصطلح (علم الأحياء - Biology).

- انشأت الأكاديمية العسكرية الأمريكية المعروفة باسم (وست بونت - West Point).

- توصل العالم التجريبي البريطاني (توماس وجوود - (1771-1805) Thomas Wedgwood) إلى ابتكار الصورة الفوتوغرافية وإنتاجها ولأول مرة.

- أكمل (لودوك فان بيتهوفن) تأليفه لـ... وتم عزف (سوناتا ضوء القمر - Moonlight Sonata) لأول مرة.

نص القانون وشرحه:

ينص قانون هنري - وهو أحد قوانين الغازات الكثيرة في هذا الكتاب على **تناسب كمية الغاز المذاب في سائل** (تعني كمية الغاز في هذا السياق مقدار كتلته عادة) **طرديا مع مقدار ضغط ذلك الغاز على سطحه.** يفترض القانون كذلك بأن نظام (السائل - غاز) المدروس في حالة توازن وصل إليها. كما تستوجب عدم حدوث أي تفاعل كيميائي بينهما.

الصيغة العامة المقبولة لقانون هنري اليوم هي:

$$\boxed{P = kC.}$$

حيث P – مقدار ضغط الغاز المعين الجزئي فوق سطح المحلول.

و C – مقدار تركيز الغاز المذاب في السائل.

و k – ثابت قانون هنري.

ويعتمد **(ثابت قانون هنري)** على طبيعة الغاز ونوعيته والسائل المذيب ودرجة حرارته. فعلى سبيل المثال يبلغ هذا الثابت لغازي الأوكسجين(O_2) وثاني أوكسيد الكربون (CO_2) المذابين في الماء في درجة حرارة (299 مطلقة).

للأوكسجين (k) = 4.34 × 10 مرفوعة للأس الرابع لتر. جو/ مول.

ولثاني أوكسيد الكربون (k) = 1.64 × 10 تكعيب لتر. جو / مول على التوالي.

وبالإمكان مشاهدة وحدات (ملي لتر غاز) / ملي لتر مذيب. جو) تذيّل ثابت هذا القانون، كما. ويكون القانون في أقصى درجات دقته لدى تطبيقه على المحاليل المخففة وبضغوط غازية منخفضة.

وبإمكاننا إدراك أهمية وأسلوب تصرف **(غاز هنري)**[1] من خلال المثال التالي: تصور مضاعفة الضغط الجزئي لغاز فوق سطح سائل، عندها ستزداد عملية التصادم فوق سطح السائل بين ذرات ذلك الغاز إلى الضعف وعليه ستتمكن ضعف عدد ذرات الغاز من الدخول إلى داخل السائل (أي ستذاب فيه). لنا الاشارة هنا أن لمختلف الغازات قابليات إذابة مختلفة في نفس المذيب كما أن لنفس الغاز قابلية ذوبان مختلفة في مختلف المذيبات. ويتأثر (ثابت قانون هنري) في كافة تلك الأحوال، فلكل حالة غاز ومذيب (ودرجة حرارة مختلفة) ثابت مختلف. وبإمكانك الرجوع إلى العديد من (ثوابت هنري) المنشورة في جداول الإذابة في درجة حرارة الغرفة (أي درجة حرارة المختبرات والمعامل الاعتيادية) وهي 25 درجة مئوية. ولنا أن لا ننسى بأن علاقة قابلية الذوبان مع درجة حرارة السائل والغاز هي عكسية دائما.

(1) هو الأسم الذي يُطلق اصطلاحاً على أي غاز يميل للانصياع إلى هذا القانون. (المترجم)

والآن ولتوضيح الفكرة دعني أسوق لك مسألة رياضية بسيطة تتضمن التطبيق الفعلي **(لقانون هنري)**، ودعني أسألك عن كمية غاز الأوكسجين المذاب في مياه بحيرة عذبة في درجة حرارة (20 مئوية) وتحت ضغط (واحد جو)، علما بأن (ثابت قانون هنري) للأوكسجين النقي في درجة حرارة (20 مئوية) يبلغ (0.031 ملي لتر أوكسجين /ملي لتر ماء في ضغط واحد جو). والآن وبما أن مقدار غاز الأوكسجين التقريبي الموجود في الجو هو حوالي (20%) فقط من الغلاف الغازي فعليه (وبالاعتماد على قانون الضغوط الجزئية) فإن ضغطه سيكون (0.20جو) فقط. وباستعمال قانون هنري نجد أن مقدار قابلية ذوبان الأكسجين بوجود الهواء سيكون:

$$\frac{0.2 \text{ جو } X\ 0.031 \text{ ملي لتر أوكسجين}}{1.0 \text{ ملي لتر ماء} \times 1\text{جو}} = 0.0062 \text{ ملي لتر أوكسجين /ملي لتر ماء}$$

أي أن هناك في كل لتر من مياه البحيرات العذبة في درجة حرارة (20 مئوية) وعند سطح البحر (6.2 ملي لترا) من غاز الأوكسجين للأسماك للتتنفسه!

ومن الاستخدامات الطريفة والخافية على الكثيرين، استعمال الباحثين (القانون هنري) لتفهم وتفسير سبب (الطقطقة) المصاحبة لشد مفاصل الأصابع أو ثنيها، فالغازات المذابة في سائل مفاصل سلاميات الأصابع سرعان ما تخرج منه وذلك نتيجة التمدد المفاجئ لفسحاتها الموجودة ضمنها. بتمدد تلك الفسحات ستتولد تجاويف مفاجئة ذات ضغوط منخفضة جدا الأمر الذي يدفع الغازات المذابة في سوائل المفاصل داخلها إلى التجمع بسرعة وتكوين فقاعات مجهرية بفضل انخفاض الضغط، ومن ثم انكماشها بسرعة وذوبانها الآني مرة أخرى بفعل قوى الشد الميكانيكية التي تُرجع المفصل فورا إلى وضعه الأول مما يسبب سماع تلك (الطقطقة) المألوفة.

وفي عمليات الغوص في الأعماق، يكاد يساوي ضغط الهواء المضغوط الذي يدخل الرئة للتنفس ضغط عمق المحيط المائي الذي يتحرك فيه الغواص وعليه فكلما انحدر الغواص إلى أعماق أبعد، كلما زاد ضغط الماء عليه وعلى رئتيه وزاد في نفس الوقت على الغاز داخلهما الأمر الذي يؤدي إلى زيادة حجم الهواء المذاب في الدم فيهما. ويُنصح الغطاسون دائما

بتوئـدة الصعـود من الأعمـاق إلى السطح والانتبـاه الشديد وحساب الوقـت الذي عليهم انتظاره عند كل مرحلة من مراحل صعودهم إلى الأعلى، وبخلافه فإن انخفاض ضغط الهواء المـذاب في دم الرئتين وبقية أعضاء الجسم سيجبره علـى الخروج بسرعة منه ويمتزج معه. أما وجـود فقاعات الهواء الصغيرة في الدم فستكـون السبب لكثير من آلام العضلات المبرحـة التـي يعانـي منهـا الغطاسـون، كمـا قـد يحدث الانصمام الهوائي (Air Embolism) في الرئتين ومنه ينتقل بسرعة مع الدم المدفوع من قبل القلب إلى الدماغ فيسبب الوفاة المحتمة وتسمى هذه الحالـة بمرض الغطاسين (Decompression Sickness).

يأمل باحثو شركة (كن كالسمكة للتكنولوجيا – Like – A – Fish Technologies) الاعتماد على (قانون هـنري) لاستخراج الأوكسجين القابل للتنفس من مياه البحر ليتنفسه الغواصـون. وعليه قد يتمكن الإنسان من العودة إلى البحر بدون الحاجة لحمل قناني الغوص التقليدية، أو هذا ما تحلم به تلك الشركة على الأقل.

مبـدأ الفكرة بسيط، يعتمد على إخضاع مـاء البحر لضغط منخفض يعمل حسب (قانون هنري) على إطلاق وتحرير الغازات الذائبة فيه ليتنفسها الغواص. حصلت الشركة ومنذ زمن على براءة ذلك الاختراع وسجلته في أوربا ولا يزال تسجيله معلقا في الولايات المتحدة، ومن الجدير بالذكر أن النموذج المختبري لذلك الاختراع كان قد أثبت نجاحه عمليا.

للفضوليين فقط:

• كلنـا يطبـق (قانون هنري) في كل مـرة تُفتح فيها علبة أو قنينة مـن المشروبات الغازية المعبـأة، فالعلبـة أو القنينة المغلقة تحتوي على غـاز (ثاني أوكسيد الكربـون) مذابا في الماء أو السائـل أو العصير فيها وتحت ضغط عال. تبدأ فقاعات الغاز بالتجمع حالا مع بعضها وتبدأ فورا بمغادرة السائل حالما تفتحها وتزيل الضغط المسلط على الغاز داخلهما.

• تمكـن والـد (هنري الابن) وهو (ثوماس هنري الأب) والـذي كان يعمل صيدلانيا، مـن اكتشاف طريقة جديـدة لصناعة مادة كربونـات المغنيسيـوم ($MgCO_3$) والتي شاع

استعمالها كمادة مضادة لحموضة المعدة أثبتت فعاليتها، واشتهرت فعُرف (هنري) بها وعُرفت به وسميت باسمه (شراب مغنيسيوم هنري).

• قتل (وليم هنري) نفسه انتحارا لانهيار صبره ومقدرته على المعاناة التي كابدها طوال حياته بسبب عوقه الفيزيائي.

أقوال مأثورة:

– عُرف (هنري) بخجله وامتاز به واشتُهر عنه تحفظه مع الغرباء ووُسم به. إحاطته صفة البرود في التعامل وإبداء المشاعر أينما حل؛ ولعل ذلك لم يكن مستغربا من إنسان رافقه العوق منذ شبابه ومنعه من تذوق الهناء أو الارتياح المصاحب للاسترخاء الذي لم يعرفه في حياته.

لقد عانى (هنري) الأمرين جراء الآلام التي لازمته بالإضافة إلى سوء جهازه الهضمي الذي أقض مضجعه وكان كثير التذمر والشكوى بل وشديد الأسف والحسرة لوقوعه في أسر حالته الصحية وعوقه الجسدي الذي حال دونه ودون تحقيق أمانيه وإثبات مقدرته في ميادين العلم وسوح الإبداع والإختراع.

ثورنبر

Craig Thornber، (Thomas Henry، FRS and his Son William Henry، MD، FRS، GS)

مقتطف من كتابه الذي خصصه (للهنريين - الأب والابن).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولد الكيميائي الإنكليزي [وليم هنري (c. 1774–1836 William Henry] والذي اشتهر بقانونه الذي ربط العلاقة بين كمية ذوبان أي غاز بمقدار الضغط المسلط عليه فوق السائل المذيب له، في مدينة (منشستر – Manchester) في إنكلترا.

في العاشرة من عمره صادف حظه العاثر سقوط أنبوب ثقيل عليه أدى إلى إصابته بأضرار بليغة ظل يعاني من جرائها الآلام المبرحة طيلة أيام حياته. لقد حدّت إصابته من حرية حركته

إلى درجة كبيرة آثر بعدها الخلود إلى القراءة والتركيز على الدراسة المكتبية لتحدد قابلية حركته. وصف ولده (وليم شارل هنري – William Charles Henry) حاله والده في الكتاب الذي ألفه بعنوان (السيرة الذاتية للدكتور هنري) جاء فيه:

((رغم آلامه وعوقه اللذان رافقاه منذ طفولته المبكرة فقد حباه (المولى عز وجل) حظا عظيما وقدرات تعويضية هائلة لولاها لما استطاع مقاومة وقهر الآلام المبرحة التي لازمته كظله في حله وترحاله والتي كانت تغصبه على الجلوس المتكرر في الطرقات لإراحة جسده المنهك من مطارقها. لقد جاهد جهاد القديسين للتفوق على عنصر النقص والإعاقة ومقارعة الآلام النفسية والجسدية فهدته بصيرته إلى البحث عن... والتركيز على قدراته العقلية لصقلها ولتطويرها، فاكتشف في ذاته مقدرته التحليل وإدراك الغاية تلكما الخلتان اللتان ساعدتاه طوال حياته في مجابهة التأثير السلبي الهدام لبنية جسده النحيل وعوقه البيّن كي تستقيم خطاه ويتمكن من تحقيق الأماني العظام والطموح الكبير الذي فرضته عليه بلا هوادة روحه الوثابة الصامدة الجسور)).

لم يذكر (وليم شارل) شيئا عن حياته الاجتماعية ولا عن زواج والده ولا أي تفاصيل تخص عائلته ولكننا نعلم بعض الأشياء عن الصداقة الحميمة التي ربطت والده بـ(جون دالتن) الكيميائي الإنكليزي الشهير بإسهاماته الفذة في تطوير النظرية الذرية. قُبل (هنري) في جامعة ادنبره (Edinburgh) عام (1795)، وحصل منها على شهادة الدكتوراه في الطب عام (1807) واختص بعد ذلك في الأمراض البولية. لقد ابتدأ حياته العملية حينما شغل منصب الطبيب المعالج في مصحة (منشستر) وعكف على دراسة أسباب وأعراض وعلاج حالات حصاة المثانة وكتب عدة مقالات عن داء السكري. وفي عام (1808) انتُخب زميلاً للجمعية الملكية التي منحته في عام 1809 (ميدالية كوبلي – Copley Medal)[1]

(1) Copley Medal – جائزة تقديرية ابتدعتها الجمعية الملكية في عام (1731) ولا زالت تُمنح حتى اليوم لعظيم الإنجازات في حقول العلوم الفيزيائية عاما والبيولوجية في العام الموالي. أول من حصل عليها هو (ستيفن كراي – Stephen Gray) لتجاربه الكهربائية الرائدة. ابتدعها (السر جورج كوبلي – Sir Geerge Copley) بتبرعه بمبلغ مئة باوند (من أموال ذلك الزمان!) مع فوائده.

نذر (هنري) جل وقته للبحوث والدراسة ولا سيما الاستزادة من علوم الكيمياء، مع تركيز بيّن علــى دراسة أسلوب تصرف الغازات. وقد منحتــه الجمعية الملكية في عام (1802) فرصة تلاوة أحد أهم أبحاثه أمامها، تلك الورقة التي وجدت طريقها للنشر في العام الموالي (1803) مباشرة.

وصف (هــنري) في ورقته تلك بحوثه وتجاربه حول تصرف الغازات ولاسيما الهواء تحت ظروف ودرجات الضغط المختلفة، فلقد تمكن من إثبات حقيقة ذوبان ضعف الكمية من الغاز الموجود في مماس على سطح سائل مذيب له في إناء محكم بمجرد مضاعفة مقدار الضغط الجوي عليه، ولقد قادت تلك التجارب والملاحظات (هنري) إلى اكتشافه للقانون الذي يحمل اسمه.

وبالنظر لأهمية ذلك القانون واتساع تطبيقاته فقد جاء ذكره ووصفه في العديد من كتب الكيميــاء المنهجيــة والتجريبية وبصيغ مختلفة فعلــى سبيل المثال جاء ذكــر القانون في كتاب (الكيمياء العامة) لمؤلفه (لينس بولنك – Linus Pauling) كما يلي:

(في درجة حرارة ثابتة، يتناسب الضغط الجزئي للطور الغازي لمزيج محلول ثابت متوازن مــع مقدار تركيزه في محلوله، والذي يكون أقل منه تركيزا. وتوازي هذه العبارة قولنا: تتناسب قابلية ذوبان الغاز في محلول مع ضغطه الجزئي).

لقد نشر (هنري) العديد من المقالات التي تصف مكونات حامض الهيدروكلوريك والأمونيا (النشــادر) والعديد من أمزجة الغــازات القابلة للاستعمال مع محاليلها، إضافة إلى مقالات في قابليــة الحرارة في القضاء على الجراثيم. طُبع كتابه المعنون (عناصر الكيمياء التجريبية) في عام (1801). وهو الكتاب الذي أدرج فيه (هنري) محاضراته التي ألقاها في (منشستر) في الفترة مــا بين عامــي (1798–1799)، والذي أعيد طبعــه إحدى عشرة مرة خــلال ثلاثين عاما، واحتل مركز الصدارة كأشهر وأكثر الكتب المنهجية الإنكليزية في الكيمياء رواجاً في العالم.

قــرر (هنري) في وقت ما مــن عام (1824) الموافقة على إجــراء جراحة ليديه لعلاجهما، ولكنــه مع ذلك ظل يعاني وطوال سني حياته من الآلام المبرحة التي لم يستطع منها فكاكا... زادتهــا صحته المعلولة وأمراضه المزمنة سوءاً على ســوء، كل ذلك إضافة إلى وبسبب إصابته الأولى في طفولته. لقد تظافرت واجتمعت كافة عوامل الألم والأسى واليأس عليه حتى حرمته

لذة الكرى، فانتحر في يوم مشؤوم من عام (1836).

ذكر كاتب سيرته (كريك تورنبر – Craig Thornber) ما يلي:

((عندما ننظر إلى مجل أعمال وبحوث واهتمامات (وليم هنري) في مختلف حقول الكيمياء وعلوم النبات وعلوم الأرض والطب والأدب وإدارة الأعمال بالإضافة إلى دوره المتميز كأحد أهم المؤسسين (للجمعية البريطانية لتقدم العلوم) ونائب رئيس كل من المجمع العلمي والمجمع الأدبي إضافة إلى رئاسته لمجمع التاريخ الطبيعي في مدينة (منشستر)، لإدركنا أهمية هذا الرجل ومنزلته في الخط الأمامي للحياة العلمية المتدفقة لتلك المدينة في الوقت الذي بدأت فيه بتبوئ موقع الريادة والصدارة كأهم مدينة صناعية في العالم)).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Henry, Charles. *A Biographical Account of the Late Dr. Henry* (Manchester, U.K.: F. Looney, 1837).

Kimbrough, Doris R., "Henry's Law and Noisy Knuckles." *Journal of Chemical Education*, 76(11): 1509, 1999.

Odian, George, and Ira Blei. *Schaum's Outline of General, Organic and Biological Chemistry* (New York: McGraw-Hill Professional, 1994).

Pauling, Linus. *General Chemistry* (New York: Dover, 1988).

Scott, E. L., "William Henry," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Thornber, Craig, "Thomas Henry, FRS and his son, William Henry, MD, FRS, GS"; see www.thornber.net/cheshire/ideasmen/henry.html.

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• لعل ذروة ما يستطيع الفيزيائي بلوغه هو وضع يده على تلك القوانين المنمنمة متكاملة التكوين والبنيان ورشيقة الهيئة كاملة البيان، والتي يمكن بالاعتماد عليها إعادة بناء الكون عن طريق التوقع والتنبؤ العلميين.

اينشتين

Albert Einstein، 1949 interview Alfred Werner، .Liberal Judaism

من مقابلة له مع (ألفريد ورنر)

• عندما يصادف أي إنسان علمي التوجه والتفكير الحقيقية الرياضية المكتشفة من قبل رياضي ما متمثلة بقانون أو بمعادلة، فإن ضميره وعقله سيُكبران لذاك الرياضي اكتشافه، وستغشى ذاته وكيانه حقيقة الاطلاع على أحد أسرار الكون فينتشي بها.

بنروز

Roger Penrose، The Emperor's New Mind.

مقتطف من كتابه (عقل الإمبراطور الجديد).

• أتراها مصادفة أن ينتهي أعظم عبقريين أنجبهما القرن التاسع عشر حياتيهما بالانتحار؟!!. لقد قضى [(آلان تيورنك -(1912-1954) Alan Turing)] على نفسه بتناوله لقضمة تفاحة مشبعة بسم السيانايد. وأنهى [(كردكودل - (1906-1978) Kurd Godel)] حياته بقراره بالتضور جوعاً حتى الموت. نتساءل ؛ أيا تُرى هل دمّر هذان الرجلان العظيمان نفسيهما بسبب نبوغهما وسمو منطقهما أم بالرغم منهما معا؟ وأكانت مصادفة حقا أن يعجب الاثنان وحتى الهوس برائعة والت دزني (الجميلة النائمة)؟

هولت

- Jin Holt، (Obsessive - Genius Disorder)، New York tember 3، 2006 Book Review، Sep

مقتطف من كتابه (الهاجس التسلطي - داء النوابغ).

• هناك في العالم المثالي للأفكار الأفلاطونية توجد القلعة الرائعة للكيان الرياضي بكيانها الأخاذ ومنظرها الآسر والتي تقربنا إليها وبكل التؤدة وبكامل الخجل وعبر العصور والأجيال... حيث مكنتنا من اكتشاف شيء من جمالها وروعة دقتها، (ولا أتجاوز حدودي واحترامي لنفسي لأقول بأننا اخترعناها أو ابتكرناها بأنفسنا نحن بنو البشر). لقد تمكن عظماء الرياضيين وفطاحلهم عبر السنين من تحديد بعض القسمات الخارجية لذلك المعمار البديع والصنع الأصيل، ولكن كل ما كشفته جهودهم وكامل ما فنوا فيه أعمارهم لم يبد لهم إلا نزرة قليلة من تشكيلات دقيقة خلابة نُقشت على واحدة أو اثنتين من بلاطات رخام (مطبخها)، ومع ذلك تملكتهم الفرحة العارمة وتقمصتهم السعادة الغامرة... لأنهم أدركوا – ولو بعد عناء – بأن الرياضيات بحد ذاتها هي عبارة عن سفر ضخم جليل وجدوا أنفسهم – منطقيا –

منساقين إلى افتراض وجوده وأيقنوا بأنه الوحيد الحاوي على خارطة بناء كل ما يرونه حولهم من حقائق مبعثرة ومشاهدات متراكبة، وبين طياته توجد بوصلة النجاة الهادية إلى بر الأمان في بحر حقائق الكون المعقدة. أما هوية المبدع الأصيل لذاك السفر الجليل وكاتبه العظيم (أو إن شئت مهندس وباني قلعتنا الساحرة السامقة) فلك أنت ولغيرك ما شئت من سعة الخيال لتصورها أو افتراضها...

مانن

Yuri I. Manin، (Mathematical Knowledge، Internal، Social and Cultural Aspects.

مقتطف من كتابه (المعرفة الرياضية من منظورها الداخلي والاجتماعي والحضاري).

• إن النظام والتناظر لا يفسر ولا يحكم الكون بقدر ما يصفه ويفتح أعيننا على ما فيه. نعم كلنا يكيل المديح والفخار (لأينشتين) لأنه تمكن من إدخال بعض النظام إلى عالم الفيزياء الحديثة بتقديمه لنا نظريته في النسبية الخاصة وفحواها المعادلة الشهيرة القصيرة والمعبرة ($E=mc^2$)... ولنا أن نتعجب من مقدار السلطة التي منحتها تلك المعادلة الصغيرة لنظامنا المعرفي، فبها صار في إمكاننا تطبيق قوانين الفيزياء على أي نظام نريد. لقد صارت القوانين (وبقوة النسبية) فعالة أزلية بإمكانها تفسير أي نظام ومهما بلغت إزاحته - وذلك باختصار هو مفهوم النسبية - إن للتناظر الفضل الكبير في تبسيط الأشياء وذاك هو الأساس الدفين والمغزى العميق للتوظيف الرياضيات في علوم الفيزياء. ما تنشده الفيزياء حقا وما تساعدها الرياضيات على تحقيقه وإبرازه هو تسليط المزيد من الضوء على التناظر البديع الذي يُضفي المزيد من الجمال والروعة لملاحظاتنا وتوصيفنا للكون من حولنا، وياله من هدف سام عظيم.

ليدرمن

Leon Lederman، interview، September 22، 2005، in Sibhan Robert's
King of Infinite Space.

من مقابلة له نُشرت في كتاب (ملك الفضاء اللامتناهي).

قانون غاي - لوساك لأحجام الغازات المتفاعلة

GAY-LUSSAC'S LAW OF COMBINING GAS VOLUMES

فرنسا 1808:

يمكن التعبير عن أحجام كافة الغازات المتفاعلة كيميائيا مع بعضها البعض أو التي تنتج جراء تلك التفاعلات بنسب من أرقام صحيحة صغيرة.

محاور ذوات علاقة:

قانون شارل للغازات (CHARLES'S GAS LAW) و (قانون افوكادرو للغازات (AVOGADRO'S GAS LAW) و (جون دالتن JOHN DALTON) و جين بابتست بايو (JEAN–BAPTISTE BIOT) و الكسندر فون هامبولت (ALEXANDER VON HAMBOLDT) ولوى جاك ثنار(LOUIS JACQUES THENARD).

من أحداث عام 1808:

- أوقفت الولايات المتحدة استيراد العبيد من أفريقيا.
- سحق نابليون تمردين أحدهما في إسبانيا و الثاني في إيطاليا.
- قاد **(لودفك فان بتهوفن)** الفرقة السمفونية وعزف بنفسه مقطوعات (كونسرت) كانت المقدمات لسمفونياته الخامسة و السادسة ولكونسرت البيانو الرابع.

نص القانون وشرحه:

ينص (قانون غاي – لوساك) لاتحاد أحجام الغازات على **قابلية تناسب كلا أحجام الغازات المتفاعلة و الغازات الناتجة عن التفاعل بأرقام صحيحة صغيرة.** وقد أذكي هذا القانون في عام (1811) كما أذكت التجارب المتعلقة به قريحةُ الكيميائي الإيطالي [امديو افوكادورو (Amedeo Avogadro 1776–1856)] وشحذ ذهنه لتقديم نظريته الشهيرة القائلة باحتواء الأحجام المتساوية من مختلف الغازات وتحت نفس ظروف الحرارة والضغط على ذات العدد من الجسيمات أو الجزيئات الغازية

(انظر قانون افوكادرو للغازات لاحقا- Avigdro's Gas Law).

ناقش (كاي – لوساك) في ورقته المنشورة في عام (1809) تحت عنوان (أطروحة حول اتحاد المواد الغازية مع بعضها البعض) القانون الذي سيحمل اسمه في المستقبل وقد كتب فيها يقول:

((إن غرضي الأساسي من ورقتي هذه هو التعرف على بعض الصفات الجديدة للغازات والتي تمتاز برتابتها وتكرارها. ومن بين تلك الصفات تأتي خاصيتها وميلها للاتحاد مع بعضها البعض بنسب ذات أعداد صحيحة صغيرة، هذا وأن الأحجام الغازية المتولدة من جراء تلك التفاعلات تخضع بدورها أيضا إلى نفس القانون. لقد توصلت وكلي أمل أن أتمكن من إثبات فكرة أننا ربما – وفي وقتنا الحالي – على وشك أن نتمكن، وأن الوقت لم يعد بعيدا عن استطاعتنا إخضاع الجل الأعظم من عناصر الظاهرة الكيمياوية برمتها إلى العملية الحسابية)).

أنجز (كاي – لوساك) بمعية عالم الطبيعيات البروسي [الكساندر فون هامبولت Alexander von Humboldt (1769-1859)] العديد من التجارب حول إمكانية توليد بخار الماء بإمرار شرارات كهربائية خلال أمزجة من الهيدروجين والأوكسجين، وتمكن من ملاحظة أن لكل حجم معلوم من غاز الأوكسجين المستهلك في تلك التجارب والتفاعل لابد أن يحتاج إلى ضعف حجمه من غاز الهيدروجين، والذي لابد أن يضاف إلى إناء التفاعل.

وقد بلغت القياسات التي أجراها العالمان درجة عالية من الدقة وكانت دائما تشير إلى نسبة 2: 1 لصالح غاز الهيدروجين وبدقة مقدارها 0.1%. وكتبا ما توصلا إليه عمليا كالتالي:

• حجمان من غاز الهيدروجين + حجم واحد من غاز الأوكسجين = حجمان من بخار الماء

مع الاحتفاظ بكافة ظروف التجربة لأغراض القياسات الحجمية (ولجميع الغازات المتفاعلة والناتجة) – تحت نفس ظروف درجات الحرارة والضغط، فوجدا تناسب كل من الأحجام المتفاعلة والأحجام الناتجة مع بعضها البعض بأعداد صغيرة صحيحة. لقد طفق كاي – لوساك (وقد تسلح بالنتائج المشجعة التي كان قد حصل عليها من تفاعل غازي الأوكسجين والهيدروجين) على إجراء العديد من الاختبارات والتجارب على العلاقات

الحجمية لمواد غازية أخرى كثيرة حتى توصل إلى ما يلـي:

- **ثلاثة أحجام من غاز الهيدروجين + حجم واحد من غاز النتروجين = حجمان من غاز الأمونيا.**
- **وحجم واحد من غاز النتروجين + حجم واحد من غاز الأوكسجين = حجمان من غاز أوكسيد النتريك.**

واستمر كاي – لوساك في شرحه مسترسلا:

> **((وهكـذا ظهـر لي – وبالتجربة العمليـة – أن اتحاد الغازات المتفاعلـة لابد وأن يحدث بنسـب بسيطة دائما وهذا بالفعل ما عكسـه واقع كافة الأمثلة التي تمت دراستها، كأن تكون نسـب أحجـام الاتحـاد 1 إلى 1 أو 1 إلى 2 أو 1 الى 3. أما بالنسـبة للأوزان فلم أتمكن من إيجاد أية علاقة رقمية سـليمة بين أي من عناصر التفاعل ونواتجها، ولا بين أي مـن المركبات الناتجة أنفسـهنّ، إلا اللهم إذا وجد مركب ثان مشـترك بين نفس العناصر فسـتكون النسـبة الجديدة للعنصر المضـاف من مضـاعفات الكمية الأولى. أما بالنسبة للغازات ففي تصرفها شـيء أقرب إلى الإحكام فلا توجد أي مقادير اتحاد بين أي تركيبة منها إلا وتنتج مركبات ذات علاقة مضـاعفات بسـيطة كاملة بين أي من مكوناتها. ولا تتحد أحجام الغازات بنسب بسيطة كما ذكرنا وحسب، وإنما إذا حدث هناك أي تقلص في حجوم الغازات الناتجة فإن ذلك التقلص يحدث أيضـا بنسب بسيطة صحيحة. ومن الجدير بالذكر أني لم ألاحظ – في مراقباتي وتجاربي – خضوع المواد الصلبة ولا السائلة ولا أوزانها لمثل نسب التفاعل والاتحاد والنتائج التي نحصل عليها في تفاعل الغازات، ويعتبر ذلك مثالا واضحا وإثباتا ساطعا بأن تلك المواصفات لا تنطبق إلا على الغازات)).**

لقـد بدا واضحا إسنـاد (قانون كاي – لوساك) للفكرة القائلة بـأن أحجاما متساوية من الغـازات لابد وأن تحتوي على أعـداد متساوية من الجسيمات الغازيـة وتسند هذه الفكرة بدورها على حقيقة الأعداد المتناسبة الصغيرة للأحجام المتفاعلة (والناتجة). وإضافة إلى كل مـا سبق، فهناك الكثير من المـرات والمناسبات التي صـرّح (كاي – لوساك) خلالها وأعلن عن إعجاب العالم الكيميائي الإنكليزي [جون دالتن (1766–1844) John Dalton]

بفكرته العبقرية تلك حيث كانت تتماشى مع فكرته للجزيئات، والنظرية الذرية التي نادى بها.

تمكن العلماء – بعد فترة وجيزة – من فهم شيء عن التركيب الهيكلي الأساسي للمواد وذلك بعد أن درسوا باهتمام وبدقة أحجام الغازات. كتب (موريس كروسلاند – Mourice Crosland) في مؤلفه الموسوم (كاي – لوساك: العالم والبرجوازي) يقول:

((من السهل جدا أن يُغفل علماء اليوم الأهمية العظيمة للمنحى الحجمي الذي سلكه (كاي – لوساك) في دراساته وتجاربه. ولكنني لابد أن أجلب أنظاركم إلى أثره البين كواحد من أهم الطرق المبدئية للبحث والتأكد من المسائل الجوهرية المتعلقة بالتركيب والتفاعل الكيميائين والتي كان لهما أجل التأثير على كيمياء وأفكار كيميائيي النصف الأول من القرن التاسع عشر. لقد وفرت طريقته الأسلوب الناجع المستند فعلياً على قوة التجارب العملية في مرحلة لم يتوفر فيها للعلماء الكثير من السبل والحلول لفهم الوحدات والمكاييل الفيزيائية والكيماوية ولا للإجابة على الكثير من الأسئلة المطروحة آنذاك)).

وفي عام (1802) تمكن (كاي – لوساك) كذلك من صياغة قانونه الذي نص على التناسب الطردي ما بين حجم كمية معينة من الغاز تحت ضغط ثابت مع درجة حرارته المطلقة المقاسة بدرجات حرارة كلفن.

يُكتب (قانون كاي – لوساك) هذا كما يلي:

$$\boxed{V = kT,}$$

حيث يمثل V – حجم كمية غاز معينة تحت ضغط ثابت و k – ثابت التغيير و T – درجة حرارته المطلقة، ويطلق على هذا القانون اليوم اسم **(قانون شارل)** رغم أن **(كاي – لوساك)** كان أول من توصل إليه ونشره فعلا! وذلك لأن **(كاي – لوساك)** كان قد ذكر بعض الأعمال غير المنشورة للكيميائي الفرنسي [جاك شارل –1746) Jacques Charles

1823)] يعود تاريخها إلى العام (1787) كمصدر له.

ملاحظة: (انظر مدخل قانون شارل للغازات في القسم الثاني من هذا الكتاب).

للفضوليين فقط:

• اخترع كاي – لوساك أول مضغاط (بارومتر) جوي متنقل.

• اخترع آلة جديدة لتعيين مقدار كمية الفضة الموجودة في العملات المعدنية عندما كان أمينـا لدار سك العملات الوطنيـة. ولقد ظل اختراعه هذا هو الوحيـد المعترف به قانونا في فرنسا ولحد عام (1881).

• طـار محلقـا في بالون حتى حطم الرقم القياسي وقتئذ بتسجيله لارتفاع مقداره (ثلاثة وعشريـن ألـف 23000 قدمـاً) وذلك لغرضـ اختبار فرضيتـه حول المجـال المغناطيسي للأرض، ولاختبار وتحليل مكونات الهواء على ارتفاعات متعددة فوق سطح الأرض.

• انفجر مختبره عن بكرة أبيه وتحطمت كل آلاته وأجهزته الكيمياوية وتبعثرت كافة محتوياته يومـاً. هذا وقـد أدّى أحد الانفجارات الأخرى التي تعرض إليهـا إلى إصابته شخصيا بالعمى المؤقت، كان ذلك من جراء إحدى تجاربه حين مزج عنصر البوتاسيوم النقي مع مادة أخرى!

أقوال مأثورة:

• لعـل أعظـم إنجاز حققه (كاي – لوسـاك) في حياتـه كان قانونه حول أحجـام الغازات المتفاعلة والناتجـة والذي كان قـد أعلنه في اجتماع للجمعية العلمية عام (1808). لقـد مثّل ذلك القانون زهرة وثمرة الكفاح والفكر الذي آمن به ودافع عنه ونذر (كاي – لوساك) نفسه لإثباته في عالم الفيزياء، تلك الثمرة التي عززت ثبات ورسوخ النظام فيه. ولا مراء بأن هذا هو عين الهدف الذي كان وما يزال ديدن كافة العلماء في كل زمان ومكان.

كروسلاند

Maurice P. Crosland، (Joseph Gay - Lussac) in Dictionary of Scientific Bio grophy.

مقتطف من مشاركته حول (جوزيف كاي - لوساك) في (معجم سير العلماء الذاتية).

• لم أختر مهنتي (الطب) سعيا وراء المال والثراء ولكنها هي التي اختارتني لأنني لم أكن الساعي إليها.

كاي - لوساك

Joseph Gay-Lussac، qouted in Maurice Pierre. Crosland's

Gay-Lussac: Scientist and Bourgeois)

مقتطف من كتاب (كاي - لوساك العالم والبرجوازي).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

• ولد الكيميائي والفيزيائي الفرنسي [جوزيف لوي كاي - لوساك Joseph Louis Gay - Lussac (1778-1850)] الذي اشتهر بإسهاماته القيمة في مجال الكيمياء الفيزيائية للغازات، في مدينة (سان - ليونار - دو - نوبال - Saiut - Leonard - de - Nobalt -) الواقعة في وسط فرنسا. اشتغل والده (انتوني كاي - Antoine Gay) في المحاماة تحت اسم (كاي - لوساك) لتمييز نفسه عن أُناس آخرين يحملون نفس الاسم (كاي)، وقد توصل الوالد إلى ابتكار اسمه الجديد باستلهام اسم أحد إقطاعي منطقة (لوساك) التي ضمت بعض أملاك العائلة.

• ذهب في عام (1794) إلى باريس لتكملة دراسته في المدرسة التقنية بعد أن أكمل معظم تحصيله الدراسي الأولي في البيت. وصادف أن اعتقل والده خلال أحداث الثورة الفرنسية.

• في عام (1809) أصبح (كاي - لوساك) أستاذاً للكيمياء في نفس المدرسة التقنية التي سبق أن تخرج منها، وتزوج في نفس العام من الجميلة الفاتنة (جنفيف - ماري - جوزيف روجو - Genevie've - Marie - Joseph Rojot)، أُعجب (كاي - لوساك) بتلك الحسناء التي كانت تشتغل في محل لبيع الأقمشة وخياطتها أيما إعجاب بعد لقائهما، واكتشافه حبها للكيمياء من خلال الكتاب الذي كانت تدرسه خلسة. لقد أثمر حبهما وزواجهما عن إنجابهما لخمسة أطفال.

• وفي عام (1832) تولى منصب الأستاذية في الكيمياء في الحديقة النباتية وهي أهم

منشأة فرنسية تعنى بالحياة النباتية.

وفيما يلي قائمة ملخصة لمواضيع اهتماماته ولأهم حقول إنجازاته:

• في عام (1802) توصل (كاي – لوساك) إلى صياغة قانونه الذي يربط تمدد الغازات خطيا بدرجات حرارتها – عند الاحتفاظ بضغطها ثابتا، هذا القانون الذي يعرف اليوم بـ (**قانون شارل**) للغازات على الرغم من عدم قيام (شارل) نفسه بقياس أي من معاملات التمدد في عام (1787).

• لقد استنتج (كاي – لوساك) بأن مقدار تمدد الأحجام المتساوية من جميع الغازات على اختلاف انواعها لابد وأن يكون متساويا لجميع الغازات عند بلوغها لذات الارتفاع في درجات حرارتها. وتمكن من تحديد هذا التمدد الغازي وحسابه بـ (266.66/1) من حجم أي غاز في درجة حرارة الصفر المئوية ولكل درجة ارتفاع واحدة في الحرارة، نعلم اليوم من الحسابات الدقيقة التي توفرت لنا بأن مقدار تمدد الغاز المحصور تحت ضغط ثابت يبلغ (273.15/1) من حجمه في درجة حرارة الصفر المئوية ولكل درجة زيادة مئوية واحدة في حرارته.

• في عام (1804) بلغت الجرأة (بكاي – لوساك) وحبه للعلم أن انبرى للتحليق بأحد مناطيد الهيدروجين إلى ارتفاع قارب الخمسة كيلومترات لا يصاحبه فيه إلا العالم الفرنسي المعروف [جين – بابتست بايو (1774–1862) Jean – Baptiste Biot] وذلك لدراسة مكونات جو الأرض.

• أعجب (كاي – لوساك) بفكرة التحليق وأيقن بأهميتها فأعادها بنفسه واستطاع إعادة ملاحظاته وحساباته لمقادير الضغط الجوي ودرجات الحرارة والرطوبة والمغناطيسية على مختلف الارتفاعات. وفي انطلاقه وتحليقه للمرة الثانية كان قد تمكن من الوصول إلى ارتفاع وقدره (7،106 مترا)فوق سطح البحر الأمر الذي أهله لتحقيق رقم قياسي فريد في ارتفاعات التحليل بالمناطيد لم يتم كسره إلا بعد خمسين سنة تلت.

• وفي عام (1805) اكتشف مع عالم الطبيعيات والمكتشف البروسي [الكسندر فون هامبولد (1769–1859) Alexander von Hamboldt] الحقيقة القائلة بثبوت مكونات الغلاف الجوي الأرضي وعدم تغيرها بتغير الارتفاع عن مستوى سطح البحر،

(على الأقل للارتفاعات التي استطاعا سبرها).

• في عام (1808) اكتشف كاي – لوساك بمعية الكيميائي الفرنسي [لوي جاك ثينار Louis Jacques Thenard (1777–1857)] عنصر البورون (Br) وهو من عائلة مكونات الملح (الهالوجينات – Halogens) المعروفة في الجدول الدوري ومن أفرادها اليود والكلور. واقترح كذلك – وفي نفس تلك الفترة تقريبا – اعتماد معدل تحلل أي محلول موصل للكهربائية على قوة التيار الكهربائي المار في القطب المغمور فيه وليس على حجم ذلك القطب.

• وفي عام (1815) تمكن من تركيب مادة السيانوجين (C_2N_2) وهو سم كيميائي قوي يستعمل لإنتاج المبيدات الحشرية.

• في عام (1816) تمكن من تحديد خمسة أكاسيد لغاز النتروجين ذوات الصيغ الكيميائية الحديثة التالية: N_2O، NO، N_2O_3، N_2O_5.

ومن المثير حقا أن أهمية البحث الأول المنشور لـ (كاي – لوساك) لم يكتسب قيمته العلمية من تفرده ودقته فحسب، إنما لتزامنه مع بحث مطابق له كان قد نضُج مستقلاً في نفس الفترة على يد الكيميائي والفيزيائي وعالم الأرصاد الإنكليزي الشهير [جون دالتن John Dalton (1766–1844)]. توصل الباحثان والعالمان (دالتن) و(كاي–لوساك) في بحثيهما المنشورتين في نفس الوقت تقريبا من عام (1802) حول تصرف التمدد الحراري للعناصر الغازية إلى الاستنتاج المشترك بتساوي مقدار تمدد كافة الغازات لنفس الارتفاع في درجة الحرارة إذا ما أُبقيَ الضغط المسلط عليها ثابتا.

• ولعل خير ما يذكر به (كاي – لوساك) اليوم وما يعتبر بحق أهم مساهماته في عالم الصناعة هو تطويره في عام (1827) لطريقه الخزانات الرصاصية المستعملة لإنتاج حامض الكبريتيك. لقد عُرف برجي الامتصاص الطويلين ولفترة طويلة باسم (برجي كاي – لوساك) وقد ساهما فعلا بتسهيل إتمام التفاعل الكيميائي التالي:

$$SO_2(g) + NO_2(g) \longrightarrow SO_3(g) + NO(g)$$

يتم داخل غرف مبطنة بالرصاص إذابة غاز ثالث أوكسيد الكبريت (SO_3) في الماء لإنتاج

الحامض المذكور. ومن الجدير بالذكر توصله كذلك إلى الطريقة الفعالة لإعادة تدوير غاز أول أوكسيد النتروجين (NO) وإعادة أكسدته إلى ثاني أوكسيد النتروجين (NO_2) لإدخاله إلى دورة التفاعـل من جديد. لقد استمر إنتاج حامض الكبريتيـك بهذه الطريقة لما ينيف عن الـ (150 عاماً) بضمنها كامل فترة القرن العشرين.

لقـد عاش (كاي – لوسـاك) وشهد مرحلـة حاسمة في تاريـخ فرنسا بيّنهـا لنا المؤلف (كروسلاند – Crosland) في كتابه الشهير (كاي – لوساك – العالم والبرجوازي) بقوله:

((لقد كان كاي – لوساك محظوظا حقا (رغم آلامه الشخصية وعوقه المتعب) ذلك لأنه مثّل وعن جدارة الجيل الجديد من العلماء الذين برزوا كنتيجة للثورة الفرنسية وميزوا بداية الحقبة المنيرة بعد انطلاقها، فلقد ضـم ذلك الجيل باكورة الشباب الذي تمكن من إتمام تحصـيلة العلمـي بكل الكفاءة والاقتـدار اللذين أهلاه إلى اكتسـاب قوته الكريم بالعمل في الميدان العلمي الفسيح، وأن يتشرف بوظيفته المجزية كعالم. ولإدراك أهمية تلـك الخطوة وخطورتها لنا أن نذكر أن الظلام كان قد لف الحقبة التي سـبقتها وعلى الأخص مـن الناحية العلمية فقـد كان محظوظا حقا حينها من تمكن مـن متابعة برنامج واحد من المحاضرات في أي حقل من حقول العلوم، أراده لتوسيع مداركه خارج نطاق المحاضرات الكلاسيكية المنهجية عن طريق الكتب)).

أخلصـ (كاي – لوسـاك) كامل الإخلاص لعلمـه وأحبه من صميم قلبـه أصدق الحب، وقـد كانت محاولاته لفهم قوانين العلوم ونواميس عملها مـن أعظم علامات سموه النفسي والعاطفـي فقد نقل (كروسلاند) عنـه قوله وبكل تواضع ورجاء: **(إن لقوانين الطبيعة قبسـات من نور المعرفة الخالدة ونفحات من عبق الجلال، فإذا لم يكن هناك قلة من البشر قد (صـمموا) بطبيعتهم لعشقها وفهمها ومحاولة اكتشافها فلسوف يدرن لنا ظهورهن ويمضين بعيدا دون أن يلحظهن اكثر الناس فراسـة)**... ولقد كانـت فراسته ظاهرة وأفق نظره بعيدا حين رسـم وببساطة ودقة ووضوح العلاقة غير المباشرة بل العلاقة الروحية بين كل من يحب العلم من الصميم وبين الحقيقة القائلة بأن للحب منبعاً واحداً في الكون. هذا وقد أصاب كبد الحقيقة حين قال: **(يجب ألا يشك أحد**

بأن الاكتشاف والإبداع ما هو إلا نتاج اكتشاف وإبداع سبقه، ولابد له بالمقابل أن يكون المنطلق الجديد لاكتشاف أبرع وإبداع أعمق بعده، حتى يرث الله الأرض ومن عليها)[1].

ومما يثير الإعجاب حقاً في هذه الشخصية العلمية الفريدة ويدعو حقاً إلى تقديرها، هو استطاعة (كاي – لوساك) وبرغم كل الآلام التي كان يكابدها ومع كل المعاناة التي كان يعانيها فقد نجح بإضاءة ألوان الفرح ونثر عطر الحبور في حياة ثلة من أصدقائه ومساعديه، وإليك ما كتبه العالم الكيميائي الألماني [جستس فون ليبك (Justus von Leibig (1803–1873) عن أسعد سني حياته تلك التي صاحبه فيها (كاي – لوساك) نفسه حين سمح له بالاشتغال معه ومرافقته في مختبره الخاص:

((كيف لي أن أنسى ما حييت تلك السنين الجميلة التي قضيتها في مختبره وتلك الساعات الممتعة المفرحة المميزة التي عشتها معه. لقد كنا نُنهي تحليلاً ناجحاً أو تجربة واعدة (وعليك أن تعلم حتى وإن لم أخبرك أنا بذلك، بأن جميع مراحل اختبار الطرق وتصميم واكتشاف الوسائل في كافة تجاربنا وكل أطروحاتنا المشتركة لم تكن إلا وليدة ذهنه هو وثمرة إصراره وإدراكه دون سواه). كان يقف أمامي قائلاً بثبات: والآن آن الأوان لك أن (ترقص) معي تماماً كما كان يرقص معي دائماً [لوى ثينار (Louis Thenard(1777-1857] عند اكتشافنا لشيء جديد. فلم يكن هناك ما يمنعنا عن الرقص آنئذ أبداً)).

توفي كاي – لوساك في باريس وطويت صفحته في عام (1850) وقد منح اسمه تقديرا لذكراه لإحدى فوهات القمر بقطر (26 كيلومترا) وقد تمت المصادقة على تلك التسمية في عام (1935) من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالمية. نُقش اسمه من ضمن أسماء العلماء الفرنسيين العظام الاثنين السبعين التي وضعها (كوستاف ايفل –(1852–1923) Gustave Eiffel) على البرج المسمى باسمه وهو (برج إيفل) الشهير في باريس.

ملاحظة: انظر أيضا (قانون كولوم للكهربائية المستقرة) في الجزء الثاني من هذا الكتاب.

(1) (... وفوق كل ذي علم عليم) سورة يوسف. الآية (76). (المترجم).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Brock, William, *Justus von Leibig: The Chemical Gatekeeper* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1997).

Crosland, Maurice P., *Gay-Lussac: Scientist and Bourgeois* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1978).

Crosland, Maurice P., "Joseph Gay-Lussac," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970)

Gay-Lussac, Joseph, "Memoir on the Combination of Gaseous Substances with Each Other," *Mémoires de la Société d'Arcueil*, 2(207), 1809; translation (Alembic Club Reprint No. 4) reprinted in Henry A. Boorse and Lloyd Motz, editors, *The World of the Atom*, volume 1 (New York: Basic Books, 1966).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• أنـا أؤمـن بالعلم فله بريق وقـوة لا يقاومان. ونتائجه تخالف النظريات الرياضـية جذريا. ففي الوقـت الذي يمكننـا إثبات النظريات الرياضـية (القابلة للإثبـات)، تقف الحقائق العلمية عصـية ثابتة، ليس لنا لإثباتها (أو لمعرفة كنهها وماهيتها) من سبيل. يمكننا فقط إخضاعها للاختبار والتأكد منها مرات ومرات ومرات... حتى يأتي الغبي الصفيق ليرفض تصديق كلّ ما تراه عيناه.

تشـابه النتائج العلمية حالة وجود الإلكترونات، فكلنا يؤمن ومن أعماقه بوجودها وإذا سـولت لك نفسك نكران ذلك، فلدي سلك الضغط الكهربائي العالي الذي أستعمله عادة لربط ماشيتي، ولا أخالهن يمانعن ربطك به إلى مصدر التيار كإثبات لما تناقشني بشأنه. إن للإلكترونات المارة في خلال السلك حينئذ إليك القدرة الكافية والفعالية الطاغية لتعبر لك عن نفسها، و(لتسكت) لك كافة خلايا جسمك.

لويد

Seth Lloyd، in John Brockmen's (What We Believe but Cannot Prove.

مقتطف من مداخلة لـ (بروكمن) في كتابه (ما نؤمن به ولا يمكننا إثباته).

• لعلك لم توفّق لاكتشـاف أحد قوانين الطبيعة، ولكن دعني أنقل لك الشـعور الحقيقي لما يشـابه ذلك، فإنك حين تكتشـف أحدها وتوفق لوضـع الكيان الرياضـي له والذي تؤمـن بتطابقه مع مجريات العالم الذي يحيط بك، فحينها وحينها فقط ستشعر بأنك تتكلم إلى الكون الذي حولك برمته وقد كشف

عن حجابه لأجلك وأباح بسره لك وحدك لترى من آياته وتركيبه ما لم يُكشف لعيني أحد غيرك، ولم يخطر على قلب بشر سواك. وعندها ستدرك عظمة الرياضيات لأنها ستكون طوع يديك ورهن إشارة من ذهنك فهي لك الهادي وأنت لها الموجد والمشكل والمصور. تنبع روعة وعظمة الرياضيات من ذاتها الكامنة في كينونتها وبنائها. فهي تمثل اللحن الجميل والنغم الأصيل الذي يفهمه كل العالم. وإذا أردنا المبالغة والتبجيل، وكما ذهب الى ذلك (ليبنز – Leibniz) حين قال: (لست من المتعمقين المتدينين فعلا، ولكني أدعو إلى... وأؤمن فعلا بوجود النظام الخلاق الآسر المبدع في الكون والذي يزيده تفضله بقبول الرياضيات معبرا عنه شرفا لها).

ترومبا

Authony Tromba، July 2003 U C Samta Cruz Press release

• لعل في الخاصية البنائية الفريدة للغة البشرية المنطوقة بالمقاطع و/أو بالحروف (وهي ممانعتها الكاملة للتنظير اللوغارثمي) هو ما يُكسب الرياضيات كأس سبقها كاللغة المناسبة والوحيدة فعلا للتعبير عن المفاهيم الرياضية. إن الأمر لا يقتصر فقط على مجرد افتقارنا للكلمات المناسبة للتعبير الدقيق عن مضمون بعض التعابير الفيزيائية من أمثال:

$$[E = mc^2] \text{ و } [\int e^{iS}(\Phi)\, D\Phi]$$

وغيرها، ولكن يتعداها إلى الحقيقة المؤلمة التي تشلُّنا عن التعامل المرن مع مثل تلك الإنجازات العظيمة الخلابة باستعمال (كلمات) فقط للتعبير عنها... والعجيب المقنع في الموضوع هو إمكانية (التجريد) بأعلى مراتبه عكس (الحقيقة) بأنصع وأوضح صورها.

وددت أن أوضح باختصار بأن للغة الرياضيات القابلية الاستثنائية والكفاءة الفذة للتعبير عن معارف علوم الفيزياء بأسلوب تجريدي لا يكاد يجاريها فيها شيء معروف سواها.

مانن

Yuri I . Manin، (Mathematical Knowledge، Internel، Social and Cultural As pects)، March 2007.

مقتطف من كتابه (المعرفة الرياضية داخليا واجتماعيا وحضارياً).

قانون أفوكادرو للغازات

AVOGADRO'S GAS LAW

إيطاليا، 1811:

تحتوي الأحجام المتساوية من الغازات على أعداد متساوية من الجزيئات.

محاور ذوات علاقة:

نظرية دالتن الذرية (DALTON'S ATOMIC THEORY) وقانون كاي- لوساك لأحجام الغازات المتحدة كيميائياً (GAY-LUSSAC'S LAW OF COMBINING GAS VOLUMES)

من أحداث عام 1811:

- نشرت الكاتبة الشهيرة جين اوستن (Jane Austen) رائعتها العالمية (الشعور والإحساس - Sense and Sensibility).

- حطم الـ (لوديتيز - Ludditties)[1] مكائن أحد مصانع النسيج في منطقة شمال إنكلترا.

- نشر الدكتور وعالم التشريح الأسكتلندي السر شارل بل (Charles Bell) كتابه الموسوم (آراء جديدة حول أساليب تشريح الدماغ البشري)، وطرح فيه اكتشافاته الرائدة حول فعالية الأعصاب وعلاقتها بمختلف أجزاء الدماغ.

نص القانون وشرحه:

ينص قانون (افوكادرو) الذي اكتشفه الفيزيائي [(اميديو افوكادرو - (1776-1856) Amedeo Arogadro)] في عام (1811) وسمي باسمه؛ **على احتواء الاحجام المتساوية من**

(1) The Luddite(s) - حركة اجتماعية نقابية ضمت عمال النسيج البريطانيين وكافة الحرفيين الآخرين، نشطت في أوائل القرن التاسع عشر واشتهر عنها كثرة إضراباتها واعتراضاتها على أساليب العمل وتدني الأجور، كما اشتهرت بتحطيم المكائن والأنوال الأوتوماتيكية التي جلبتها الثورة الصناعية خوفا من سلبها لوظائفهم ودفعها إياهم إلى أحضان البطالة أو إلى مآسي تغيير أساليب حياتهم، وربما دفعتهم إلى أحضان الفقر دفعا. (المترجم).

الغازات الموجودة تحت عين ظروف الحرارة ومناسيب الضغط على ذات العدد من الجزيئات، بغض النظر عن طبيعتها أو أنواعها. يكتب قانون افوكادرو ببساطه على الشكل التالي:

$$\boxed{N_1 = N_2,}$$

حيث يمثل N_1 – عدد الجزيئات الموجودة في أحد الغازات.

ويمثل N_2 – عدد الجزيئات الموجودة في الغاز الثاني.

يفترض هذا القانون اعتبار الغازات المعنية غازات (مثالية) أو شبه مثالية في تصرفها، الافتراض الذي يصح عمليا على أغلب الغازات المعروفة في درجات حرارة الغرفة الاعتيادية (20–25 درجة مئوية) وظروف ضغط مساوية أو أقل بمرات قليلة عن الضغط الجوي الطبيعي عند مستوى سطح البحر.

وهناك صيغة مغايرة للقانون تؤدي نفس غرضه وقد أُسندت إلى (افوكادرو) أيضا؛ تنص على **تناسب أحجام كافة الغازات طرديا مع أعداد جزيئاتها.** ويمكن التعبير عن هذه الصيغة الثانية كما يلي:

$$\boxed{V = a \times N}$$

حيث يمثل a – ثابت التناسب و V – حجم الغاز المعين و N – عدد جزيئاته

ساند العديد من العلماء المعاصرين (لأفوكادرو) أفكاره، واعتقدوا بصحتها وصحة تناسبها، إلا أنه فاقهم بخطوات جرأته وبعد نظره حين عرّف (الجزيئة) كأصغر وحدة بناء تحمل كافة الصفات الفيزيائية لأي مادة، وأنها قد تتألف وتحتوي على ذرة واحدة أو عدة ذرات متحدة مع بعضها وضرب مثلا بتكون جزيئة الماء من ذرتي هيدروجين مرتبطتين بذرة أكسجين واحدة.

لعل من أهم التعابير الكيميائية التي لا غنى لحقل الكيمياء الفيزيائية عنها هو ما ارتبط باسم عالمنا الكبير (افوكادرو) وسمي (بعدد افوكادرو –Avogadro Number)، يُعرف عدد افوكادرو بأنه عدد ذرات العنصر الموجودة في وزن عياري واحد من ذلك العنصر. ويبلغ ما مقداره [(6.0221367×10^{23} (العدد مضروباً بعشرة مرفوعه إلى الأس الثالث والعشرين)] من الذرات حصرا. ويُعرّف اليوم بأنه عدد ذرات عنصر الكاربون – C12 – الموجودة في (12 غراما) بالضبط

مـن ذلك العنصر الحر. كمـا ويُعرف أيضا بأنه ذلك المقدار المحدد مـن أي عنصر أو مركب والذي يحـوي علـى ما يسـاوي وزنه الذري من غرامـات تلك المادة حصـرا، وعليه فإن الـوزن العياري لعنصـر النيكل والـذي يبلغ وزنه الذري (58.6934) لابد أن يكـون – وحسب تعريفنا السابق – (58.6934) غراما منه بالضبط. ومن الجدير بالإشارة هنا إلى أن عدد الجزيئات أو الذرات الموجودة في وزن عيـاري واحد من أي مركب أو عنصر وهـو العدد المعروف اليوم (بعدد افوكادرو) تمجيدا لإسهاماتـه الكبيرة في صياغة نظريـة الغازات والأوزان الجزيئة؛ لم يكتشفـه او يحدده (افوكادرو) بنفسـه أبدا!! وإنما يعود فضل حسابه وتعيينـه إلى الفيزيائي والكيميائي النمساوي [يوهان جوزف لوشمد (Johann Josef Loschmidt (1821– 1895].

يعتـبر عـدد افوكادرو رقما هائلا – بحيـث تتضاءل هذه الكلمة نهائيـا أمامه! – لا يمكن استيعابـه ولا تصوره، ولكن كنوع من نسبية القياس لتقريب تصـوره لأذهاننا؛ دعنا نتخيل أحـد المخلوقات الفضائية العظيمة (والرقيقة) والتي قـررت إهداء الأرض كمية من حبيبات الـذرة لإسعاد أطفالهـا – أو لنقل لإزالة شبح الجوع عن المحرومـين من سكانها! – لغرض التمتع بأكلها بعد تحميصها وتحويلها إلى (فشار – أو – شامية). فلو استطعنا نشر ذلك العدد مـن حبيبـات الذرة على مساحة الولايات المتحدة الأمريكيـة – على عظمها – لغطّاها تماما وإلى ارتفاع يفوق تسعة أميال.

والآن ولإضفـاء بعض المرح وشيء مـن الإثارة إلى (عدد افـوكادرو) دعني أُبسط أمامك تماثليـة حقيقية رغـم غرابتها؛ إن عدد افوكادرو من ذرات عنصـر الكاربون الحر ستزن (12 غرامـا) بالضبـط وهذا ما يساوي وزن قطعتين من فئة (الربـع دولار) تماما أو قطعتين من فئة (الخمسـين هللة) من العملة المعدنية السعوديـة. وإذا ما وضعت(24 كرة) صغيرة مرقمة من (1) إلى (24) في كيس صغير وبدأت بسحبها الواحدة بعد الأخرى وترتيبها ومن ثم إعادتها إلى كيسهـا وخلطهـا ثم سحبها الواحدة بعد الأخرى وترتيبها، ومـن ثم إعادتها الى كيسها وخلطهـا وسحبها مرة ثالثة الواحدة تلو الأخرى وترتيبها وهكذا... فإن احتمالية وصولك إلى السحبة (الصحيحة) التي ستتمكن معها من سحب الكرات الصغيرة المرقمة من 1 – 24

ويصـدف أن يكـون ترتيبها صحيحا من 1 الى 24 هو احتمـال ضئيل وضئيل جدا يساوي فرصة واحدة من مجموع عدد هائل من المحاولات يساوي (عدد افوكادرو) منها تقريبا!!!.

تعـود مناسبة طرح (افـوكادرو) لقانونه المعـروف الآن باسمه إلى عـام (1811) حينما كان أستـاذا للفيزياء في جامعـة (تورين Turin)، علما بانه لم يُتقبـل ويُستعمل على نطاق واسـع وبسهولة حتى عـام (1858) عندما جـاء الكيميائي الايطـالي [ستانيسلو كانيزارو Stanislao Cannizzaro (1826–1910)] بالعديـد من القرائن واشتهر بالكثير من الأدلة الداعمة له. وما حققه (كانيزارو) في ذاك المجال كان توصله إلى إيجاد نظام متماسك محكـم من الأوزان الذرية للعناصر وبعض المركبات استنادا إلى (عدد افوكادرو)، كما تمكن مـن إثبات حقيقة التوصل إلى إيجاد الأوزان الجزئية للغـازات بتعيين وزن (22.4 لترا) من أي غاز مطلوب.

لم يكن متوفرا لدى العلماء والكيميائيين في الوقت الذي نشر (افوكادرو) أعماله وقُبل قانونه إلا غازات قليلة جدا هي: الهيدروجين والأوكسجين والنتروجين والكلورين والتي لم يُكتشف غيرهـا لحـد ذاك الزمان، وعليه لم يكن لدى علماء تلك الحقبة الكثير من المواد في حالتها تلك تحت ظروف الحرارة والضغط المتوفرة في أجواء المختبر لاختبار قانون (افوكادرو) عليها.

للفضوليين فقط:

• نجـت مقـبرة (آل افـوكادرو) وشواهدهـا – والموجـودة في مدينـة كيوارنكـرا (Quarengra) في إيطاليـا – من التدمير الهائـل الذي ألحقه بسواها فيضان عام (1969) العظيم! ويمكنك اليوم زيارة قبره في تلك المنطقة بسهولة.

• تم حساب الحجم النسبي للرقم المساوي (لعدد افوكادرو) من علب المياه الغازية، فوجد إمكانيـة ذلك العدد الهائـل منها على تغطية مساحة الكرة الأرضية قاطبة عدد مرات بحيث إذا رصّت طبقة فوق طبقة وباعتبار ارتفاع العلبة المقارب لأحد عشر سنتيمترا الغرقت الأرض بكاملها في بحر سحيق من العلب المعدنية يبلغ عمقه 200 ميل.

• أُطلق اسم (عدد افوكادرو) على عدد من المطاعم الشعبية في منطقة فورت كولنز (Fort Collins) في كولورادو، حيث تستطيع الاستمتاع بوجباتك المفضلة على أنغام الموسيقى.
• اتخذت إحدى فرق الموسيقى الصاخبة (فولك – روك) المعروفة في منطقة وادي سسكويهانا (Susquehanna) في بنسلفانيا من (عدد افوكادرو) اسما لها كذلك.

أقوال مأثورة:

– «لعل البساطة والوضوح اللذين اتسمت بهما نظريتي التي تقدمت بها لتفسير العلاقة بين أحجام الغازات المتفاعلة والناتجة، من قوة الحبك ومتانة البناء ما يستحيل على غيرها أداء دورها سواء بنفس كفاءتها أو أدق منها».

افوكادرو

Amedeo Avogadro، (Essay on a Manner of Determing the Relative Masses of the Elementary Molecules of Bodies، and the Properties in Which They Enter into These Compounds)،1811.

مقتطف من مقالة له منشورة في ذلك العام.

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولد الفيزيائي والكيميائي الايطالي [اميديو افوكادرو (1776–1856) Amedeo Avogadro] الذي اشتهر بدراساته المستفيضة عن الغازات، في مدينة تورن (Turin) الإيطالية. ذاع صيت والده واشتهر كمحام بارع في مدينة بيدمونت (Piedmont)، حتى انتُخب عمدةً لها. ظل العمدة وفيا لمهنته يدعو ابنه إلى اتخاذها مثله كمصدر رزق له، حتى تمكن من إقناعه فدرس الابن القانون حتى تحصل في عام (1769) على شهادة الدكتوراه في القانون الكنسي (Ecclesiastical Law) وشرع في ممارسة المهنة بنجاح. ولم تُتح له مهنة المحاماة إلا النزر القليل من وقت الفراغ، استغلها (افوكادرو) لدراسة الفيزياء والرياضيات بصورة خاصة فأحبهما، وواظب على النهل من معينهما والاستزادة من

فيضهما حتى تمكن من العلوم الطبيعية تمكنه من نصوص القانون وعلوم القضاء. تقدم في عام (1809) للعمل كأستاذ للفلسفة الطبيعية في كلية (فرسيلي – Vercelli) فقُبل فيها وبرع في تدريس مادته، وتدرج في ترقيته صعودا فيها حتى تسنم في عام (1820) منصب (الأستاذ الأول) في الفيزياء الرياضية في جامعة (تورن – Turin).

لا يُعرف الكثير عن حياته الشخصية سوى أنه قد تزوج ورُزق بعدة أطفال. وصف (ماريو مورسيلي – Mario Morselli) مؤلف كتاب (السيرة الذاتية العلمية لاميديو افوكادرو) تلك الفترة من حياته قائلا:

((لقد شابه افوكادرو نظراءه ومعاصريه في استمتاعه بالجو الهادئ للحياة الأسرية السعيدة، بمعية زوجته وأطفاله السبعة مفضلا الصفاء والانسجام العائلي على صخب الحياة الاجتماعية مع الأصحاب والأخلاء، فكثيراً ما كان يستمتع بقراءة الشعر بعدة لغات على مسامع أولاده وتشجيعهم على قراءته وفهمه والتمتع به، هذا بالإضافة إلى إشرافه على (صحيفة الأسرة)، ذلك العمل التطوعي الجليل الجميل الذي قصد من ورائه جمع أخبار عائلته فيه وسرد طريف ما يستجد في حياتهم اليومية إدامة للصلة وتقوية للأواصر)).

لقد امتاز (افوكادرو) بتواضعه خلال حياته وخجله في تعاملاته وانطوائه في نشاطاته الأمر الذي لم يجعله عالما ذائع الصيت خارج حدود بلدته وبلده، فلم تبلغ شهرته الآفاق يوما. عُرف عنه عزلته ورغبته في البحث وحيدا وفي الدراسة منفردا. لم يتعرف العالم والمجتمع العلمي عليه لاحقا إلا حينما شرع بنشر أبحاثه لأول مرة في حقل الكهربائية والألواح المشحونة، وقد كان ذلك قبل اشتهاره بدراساته وتجاربه في استكشاف الغازات وتوثيق صفاتها وطرق تصرفها.

يحتل (**قانون افوكادرو**) اليوم مكانة متميزة في تطبيقات الكيمياء الفيزيائية والتفاعلات الكيميائية اللاعضوية (وحتى العضوية التي لم تكن معروفة جيدا آنذاك) وذلك بالنظر لأهمية النتائج والاستنتاجات والأسس التي تستند إليه ويمكن اشتقاقها منه، فعلى سبيل المثال يمكننا استنتاج النسبة بين كثافة أي غازين مختلفين، كما بإمكاننا معرفة أوزانهما الجزيئية النسبية على التوالي في نفس ظروف الحرارة والضغط. أضف إلى ما سبق تمكن (افوكادرو) كذلك من التوصل إلى الافتراضية

- التـي أُثبتت صحتها فيمـا بعد - القائلة بضرورة وجود بعض الغـازات في الحالة الجزيئية لثبات استقرارها الكيميائي، كأن تتحد ذرتا غاز لتكوين جزيئة له كما في حالة غازات النتروجين (N_2) و الاوكسجين (O_2) والهيدروجين (H_2)، كما تظهر صيغتها اليوم في كتب الكيمياء الحديثة.

وفي عـام (1811) تمكن عالمنا من وضع الصيغة الكيميائية الصحيحة لثاني اوكسيد الكربون (CO_2) وثـاني اوكسيد الكبريت (SO_2) وكبريتيـد الهيدروجين (H_2S)، وبعد مرور عقد علـى ذلك التاريـخ توصل إلى كتابة النسـب الصحيحة التي تربـط ذرات العديد من المركبات العضوية كالتربنتين[1] والايثر[2]، كما استطاع تعيين الأوزان الذرية الصحيحة للعديد من العناصر كالزئبـق (Hg) والحديد (Fe) والفضة (Ag) والرصاص (Pb) والنحاس (Cu) والكالسيوم (Ca). ووضـع نظريته - التي أثبتت صحتها فيما بعد أيضاً - بأن معدل المسافات الفاصلة بين جزيئات كل الغازات لابد وأن تكون واحدة ثابتة للجميع تحت نفس ظروف الحرارة والضغط.

وضـع (آرون ايد - Aaron Ihde) يده بدقة ولخص مفاتيح وأسس قانون افوكادرو في كتابه (تطور الكيمياء الحديثة) حين قال:

((نشر افوكادرو - وبكل إقدام وثقة - في عام (1811) ورقة بحثه المستندة إلى قانون (كاي - لوسـاك) - ونظريـة (دالتن) الذرية... وقد افترض فيها تسـاوي عدد ذرات كافة العناصر الغازية المحتواة في ذات الحجم وتحت عين الظروف التجريبية أو العملية من ضغط وحرارة، كما افترض اتحاد وتواجد ذرات تلك العناصر على شكل جزيئات اتحـدت أكثر من ذرة منها في كيانها لتكوينها، كما أجـرى التجارب وتمكن من إثبات كيفية استخدام نظرية الأحجام الغازية المتفاعلة لإنتاج أحجام الغازات المتحدة وكتابة صـيغها الكيمـاوية الصـحيحة. ولعلك تسـتغرب وتحتار لرفض علمـاء ذلك الزمان واستهجان كيميائييهم للنظريات ولكل ما توصل إليه ونشره (افوكادرو) رغم صلابة منطقه وقوة حجته فيما ساقه وافترضه)).

(1) Turpentine - مذيب عضوي يستعمل في صناعة وتخفيف الأصباغ والأصماغ صيغته الكيميائية هي ($C_{10}H_{16}$).
(2) Ether - غاز استعمل كغاز للتخدير سابقاً. صيغته الكيميائية هي ($CH_3 - CH_2 - O - CH_2 - CH_3$). (المترجم).

لقد رفض الكيميائي الإنكليزي المرموق [جون دالـتن (1766-1944) John Datton] (نظرية افوكادرو) رفضا قاطعا وأعلن احتقاره لكافة أعماله (لعدم علميتها!!). وقد يعود سبب كل ذلك – جزئيا على الأقل – إلى رفض (دالتن) لقانون أحجام الغازات المتحدة الذي جاء به (كاي – لوساك) اصلا، أما (ايد) فاعتقد بأن السبب الأساسي لكل الثورة التي أثارها (افوكادرو) بأعماله ومجابهتـه بكل ذلك الرفض والاستهجان من قبل المجتمع العلمي آنذاك، يعود وبلا أدنى شك إلى ثوريـة وجذرية وحداثة الآراء التـي جاء بها والتي كانت وبلاشك أيضـا تمتاز بحداثة لم تتحملها عقول ذلك الزمان. ومن الجدير بالإشارة أيضا وضمن هذا السياق بأن الكثير من كيميائيي وعلماء ذلك العصر لم يتوانوا حتى على رفض مفهوم (دالتن) للبناء الذري للعناصر، فقرروا مقاطعته.

لم يكـن (افوكادرو) السبّاق الحقيقي لكل تلك المفاهيم المستحدثة، فلقد توصل إليها غيره مـن قبل، إلا إن اصطدام تلك المفاهيم و/أو القوانين بصخرة الرفض التقليدي آل الى نسيانها ورفضها من جهة، إضافة إلى افتقار غالبيتها العظمى للشمولية وقابلية التطبيق التام على كامل حقول الكيمياء المعروفة آنذاك من جهة أخرى. ولكن ما استحق الإعجاب والاحترام حقا مما جاء به (افوكادرو)، كان نجاح قانونه في المقارنة بين كتل أحجام متساوية من غازات متغايرة تحت عين ظروف الضغط والحرارة، ونجاحه بقياس وتحديد النسب بين أوزان الغازات، وهذا ما مهد فعلا للتقدم والنجاح الذي أنجز في قياس وتحديد الأوزان الذرية لها.

لقد ظل العديد من رواد العلم ومؤرخيه في حيرة – ولفترات طويلة من الزمن – يتساءلون عن سبب انصرام كل تلك السنين الطويلة قبل أن يلتفت القدر إلى ما أنجزه (افوكادرو) ويعي معاصـروه أهمية قانونه المبـدع ويعترفوا به ويكيلوا الاحترام لواضعـه. (ما ضاع حق وراءه مطالـب) و (إنه لم يكن ما قيل وإنما كيف ومتـى قيل) امثلة لم تضرب من فراغ، وقد نجد فيها (بعض التفسير) أو قليلا من (شفاء العليل) للكثير من علامات الاستفهام التي صاحبت إغفال حق (افوكادرو) وإجحاف ما استحق من احترام وتبجيل.

يُرجع أغلب المؤرخين والمهتمين سبب كل ما سبق لثلاثية حاكتها الظروف حوله؛ أولها انعزاله وانزواؤه في بقعة من العالم لم يكن لها ذاك الباع الطويل في العلم ولا تلك الهالة البراقة من نوره،

فمـن المعلوم – في ذلك الوقـت – أن نقاط العلم الساخنة البراقـة في أوربا كانت متموضعة في كل مـن فرنسا وبريطانيا وألمانيا، أما إيطاليـا وفي مدينة (تورن) على وجه التحديد، مكان نشوء وترعرع عبقرية (افوكادرو)، فكانت بعيدة عن ساطع الأضواء، مغمورة في لجج النسيان، أضف إلى ذلك تواضع (صاحبنا) وخجله الجم وتردده الشديد الذي أحكم طوق الحصار الفكري عليه وأبعده عن منابع ومجاري العلم والشهرة والتي كثير ما تحتاج إلى من يُعلي صوته – بالحق – فيها ويفتـل ساعده لمقاومـة تياراتها ويتصدى بحزم لمناوئيه فيها. هذا وقـد أكمل (افوكادرو) بنفسه طوق حصاره عليها وغلّق على ذاته بيديه ضلع الثلاثية الثالث بتقاعسه – أو عدم إمكانيته إن صح التعبـير – على تقديم الدلائل المهمة والقرائن الثابتة لإسناد ما ذهب إليه قانونه، فلم تكن هناك لا تجربة أجريت ولا معادلة رياضية صيغت. ومما زاد طين مشكلته بلة هو استغراب معاصريه إقدامه علـى تصـور، فضلا عن ادعاء صحة إمكانية التصاق ذرتـي أي عنصر مع بعضهما وتحولهما إلى وحدة واحدة (جزيئة) جديدة، وكلاهما تحمل عين الشحنة وذات العلامة... ولا تتنافران!؟

كان في تظافر ذاك المروق الفكري عما هو متعارف عليه مع تلك الهرطقة العلمية بالمفهوم السائد آنذاك، القشة التي قصمت ظهر بعير قانونه فووري النسيان ولُفّ بالإهمال ووصم بالاستصغار.

وأخيراً فقد طويت صحف (افوكادرو) وأودع جثمانه الثرى في عام (1856)، وأَبن محررو مجلة (الكيمياء الجديـدة – Nuovo Cimento) فقيدهم دون أن يغفلوا الإطالة والتفصيل في ذكـر (بساطتـه) التي بلغت حد الكسـل والتقاعس و (خجله وتواضعـه) اللذين بلغا حد السلبية وشيئاً من انعدام المبادرة!!. كتب (مورسيلي – Morselli) معلقا على خطاب تأبينه:

> **((لم يكـن كاتبـوه قادريـن على إغفال العديـد من إنجازاته الفـذة وإضـافاته إلى دنيا العلوم التي شـملـت دراسـة الأحجـام الذرية وعلاقاتها بالألفـة الكيميائية (Chemical Affinity) ما بين العناصر وتأثير ذلك على المتواليات الكهروكيميائية، إضافة إلى جهوده وبحوثه المشتركة في ذلك الحقل مع (ميشيلوتي – Michelotti) وتأثير ذلك على مسار وتطور النظرية الكيميائية التي سـاعدت بدورها على ابتـكار البطارية الكهربائية المعروفة (بالبطارية الفولتائية) نسبة إلى العالم فولتا... ولكن ذلك التأبين – وذكر المفاضل والمثالب –**

كان قد أغفل عن قصد أو عن غير قصد فضله في تعميمه حول الغازات، تلك النظرية فائقة الأهمية والتي أطلقها (افوكادرو) في عام (1811) ولم تجد من يعير لها أية أهمية في إيطاليا حتى أذن فجر العام(1860) بالاطلاع عليها وعلى سائر العالم العلمي المتحضر آنذاك، فأعيد لها شيء من الحق الذي سُلب منها وكرمت بالاحترام الذي تستحقه.)).

لا تزال شواهد عائلة (افوكاردو) تنتصب مؤزرة بدروع الحرب وأسلحة القتال التي خاض أجداده غمارها شاخصة في مقبرة العائلة – التي أضيف إليها جثامين كل من (افوكادرو) نفسه وزوجته (فليسيتا – Felicita) وأولادهما – التي لم يتمكن فيضان شهر نوفمبر من عام (1969) من جرفها مع غيرها.

سميت إحدى فوهات القمر باسمه تخليدا لذكراه، وكان ذلك هو التكريم الذي وافقت عليه الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين في عام (1970).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Crosland, Maurice P., "Amedeo Avogadro," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Ihde, Aaron, *The Development of Modern Chemistry* (New York: Dover, 1964).

Morselli, Mario, *Amedeo Avogadro, a Scientific Biography* (Hingham, Mass.: Kluwer, 1984)

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• كثر النقاش وطافت على السطح كثير من الآراء القائلة بعدم مصداقية قوانين الطبيعة، لسبب بسيط ملخصه أنها بمجموعها لا تتعدى كونها (ابتكارات وحلول) أوجدها العقل البشري لتفسير الكون من حوله. ولكن قد تُنسف مثل تلك الآراء بتفحص سريع للبيان العميق الذي يُبهرنا به العلم ورجاحة حُجته وذلك أولا: لقوة منطق ودقة نتائج تلك القوانين في حل معضلات استحال حلها بغيرها من الطرق، إضافة إلى نجاحها بالقيام بالعديد من التوقعات التي أثبتت التجارب صحتها وساندت الحسابات دقتها أولاً... وثانيا لحقيقة قابلية القوانين الجديدة الاستشرافية للتنبؤ بأحداث وظواهر لم تكن

لتعرف لولاها ولتوقعات لم تكن لتخطر على بال قبلها، ولكن أثبتت التجارب العملية صحتها.

- **تعريف وشرح (القانون الفيزيائي** - Physical Law)، Wikipedia **نقلا عن ويكيبيديا.**

• لعل كومة الحجارة المرصوصة عاليا ستفقد توصيفنا لها (ككومة) حجارة في اللحظة التي نتأملها بصبر ودقة وأناة وقد استحضرنا صورة معبد عظيم قديم في أذهاننا.

القديس اكسوبري

Antony de Saint-Exupery، Flight to Arras

مقتطف من قوله في كتاب (السمو إلى جبال الأراس)[1].

• يدعي البعض بأننا عاجزون حقا عن إدراك المغزى الفعلي وراء وجود القوانين في الكون؛ وعليه لابد أن تكون قد وجدت من قبل الله (عز وجل)... ولكن هذه المقولة تتناسى الحقيقة المنطقية الأزلية الأولى وهي أنه لولا تلك القوانين لما كان هناك كون أصلا. فضلاً عن الحقيقة الأخرى التي تقول - حتى ولو تمادينا قليلا - إنه بلا هذه القوانين ما كان لنا نحن أيضا أن نوجد. ولكن كلا الادعائين: الأول القائل بعجزه عن فهم سبب وجود الكون والثاني المنادي بالحقيقة المنطقية التي تدّعي ضرورة وجود القوانين لوجوده، يتناسيان ويغفلان ما توصلت إليه دراسات وفلسفة اللحظة الأولى بعد الانفجار العظيم والقائلة بحاجة الكون لخالق وهو الذي بدأه، فلما تجسد احتاج لهنيهات قليلة للملمة قوانينه التي تصرف بموجبها في ما بعد ذلك.

هوسكن

Ben Hoskin، (God of the Gaps)، Letter to (New Scientist)، March 24، 2007.

مقتطف من مقالة له بعنوان (ذُرى الشك).

• لعل في التحديد الفعلي (لعدد افوكادرو) وإطلاق اسمه عليه تطبيقاً رائعاً لموضوعه (لوشمدت - Loschmidt)[2] (The Zeroth Theorem، Or The Null Hypothesis التي

---

(1) Arras - منطقة جبلية كان لها أهمية دينية وروحية سابقاً تقع في شمال فرنسا. (المترجم)

(2) Loschmidt - هو [يوهان جوزف لوشمدت (1821-1895) (Johann Joseph Loschmidt)] ←

تسمى بالنظرية الصفرية والتي تنص على أن كافة النظريات والقوانين والاكتشافات التي تحمل أو توصف أو توسم باسم صاحبها أو مكتشفها أو واضعها لابد أن تكون قد اكتشفت ووضعت من قبل شخص أو أشخاص غيره قبله. ومن المفيد أن نعلم أن الأمثلة على مصداقية هذه النظرية أكثر من أن تعد وأعظم من أن تحصى فخذ على سبيل المثال [داله (ديراك – Dirac) الدلتويه][1] وهي مفارقة رياضية ابتكرها [اوليفر هفي سايد – Oliver Heavyside (1850–1925)] 30ثلاثون سنة قبل ميلاد (ديراك) الذي حملت اسمه... [ومتناقضة (اولبر – Olber)] التي تنص على ظهور السماء التي نراها مظلمة في الليل رغم الحقيقة القائلة بأن عدد النجوم في كون لا نهائي لابد وأن يكون لا نهائيا قادرا على ملء كل صفحة السماء، وعليه يجب أن تُرى ليلا وهي مضيئة!! ولكن الحال ليس كذلك، ناقش العالم الفلكي الألماني [هنرييخ اولبر (Heinrich Olber (1758–1840] تلك المتناقضة وأثبتها باسمه ولكنها بالحقيقة كانت معروفة (ليوهانز كبلر – Johanne Kepler) الذي سبقه بطرحها بـ 200 سنة.

(النظرية الصفرية) مقالة بلا توقيع
(The Zeroth Theorem)، New Scientist، (Unsigned Article)

عالم نمساوي مرموق أنجز الكثير في حقول الكيمياء والفيزياء (وعلى الأخص في الديناميكا الحرارية والبصريات والديناميكية الكهربائية) وفي دراسة البلورات. كان صديقاً لـ (بولتزمن) – راجع مدخله في هذا الكتاب – وله ثابت معروف باسمه يتعلق بتحديد عدد الذرات الموجودة في سنتمتر واحد من المادة، وتساوي (26.9) مليون مليون مليون وحدة. (المترجم).

(1) Dirac Delta Function – وهي دالة تقدم بها العالم الفيزيائي النظري الإنكليزي [بول ادريان مايوريس ديراك Paul Adrien Maurice Dirac (1984–1902)] تمثل نقطة نهاية عظمى (قمة) مدببة جدا تحصر تحت منحناها وحدة المساحة. أي هي الدالة f(x) والتي تتخذ القيمة الصفرية في كل مكان عدا نقطة (x = o) حيث تصبح قيمتها من العظم بحيث تساوي القيمة العددية (1)، ويمكن اعتبارها كمنحنى انتشار (Distribution) أو كقياس (Measure) – المترجم.

قانون بروستر لاستقطاب الضوء

BREWSTER'S LAW OF LIGHT POLARIZATIC

إسكوتلاندا، 1815:

تبلغ كمية الضوء المستقطب بعد انعكاسه عن سطح شفاف نهايته العظمى حينما يتعامد خطا مسار الشعاعين المنكسر فيه والمنعكس عنه.

محاور ذات علاقة:

قانون سنيل (SNELL'S LAW)، و قانون وليم لورنس براغ (WILLIAMLAWRECEBRAGG))

من أحداث عام 1815:

- أنشئ أول مصنع تجاري لإنتاج الجبن في سويسرا.
- نُفي (نابليون بونابرت) إلى جزيرة كورسيكا وعاد (لويس الثامن عشر) إلى العاصمة الفرنسية باريس.
- أعلنت البرازيل نفسها مملكة كاملة السيادة والتصرف والحدود أسوة بمملكة البرتغال.

نص القانون وشرحه:

الضوء ظاهرة فيزيائية طبيعية تتصرف علميا بطريقتين، حسب النظرية النسبية لأينشتين وحسب النظرية الكمية لبلانك في ذات الوقت فالضوء عبارة عن كميمات صغيرة جدا من الطاقة تنتقل بسرعة الضوء مفردها (الكميم أو Quanta)، وحسب (نظرية هيزبنرك) الموجية فالضوء موجة مركبة تنطلق أيضا بسرعة الضوء ولها مكون أو حقل كهربائي متعامد مع مكونها الثاني وهو حقل مغناطيسي، والاثنان متعامدان على اتجاه حركتهما وكلا القيمتين المتجهتين تتذبذبان بكافة الاتجاهات (أي يمسحان سطح قطاع دائري عمودي على اتجاه مساريهما دائما وفي كل الأوقات). يمكن ولأغراض تجريبية أو صناعية تحديد حقل ذبذبة

المجال الكهربائي لموجة شعاع الضوء (استقطابه) وذلك باستخدام مستوى استقطابه ووضعه في مسار ذلك الشعاع. ولتحقيق ذلك يمكننا – مثلا – تمرير حزمه من الضوء خلال بلورة تسمى (بالبلورة – الثنائية Dichroic – الموجهة)[1] تثبت في غشاء بلاستيكي بحيث يمكنها امتصاص أحد اتجاهي حقل الضوء الكهربائي بصورة شبه كاملة في حين يمكن أن يمر اتجاه حقل الضوء العمودي على الحقل الأول (الممتص كليا) بدون أن يتأثر وبصورة شبه كاملة. (وبتعبير فيزيائي أعم فإن الصفة الثنائية (Dichroism) لأي مادة تعني قابليتها لإخضاع الموجات الضوئية مختلفة الاستقطاب لحالات امتصاص مختلفة عند مرورها خلالها.

هناك طريقة أخرى للحصول على الضوء مستوى الاستقطاب وذلك بانعكاسة من منطقة السطح الفاصل بين وسطين كأن يكونا الهواء والزجاج، حينها سيكون الحقل الكهربائي (للضوء) والموازي للسطح العاكس أكثر مكوناته انعكاسا. وفي حالة واحدة وعند زاوية سقوط محددة، سينطبق خطا سير الجزء المنعكس عن السطح – وهو جزء الضوء المتكون باكمله من الحقل الكهربائي الموازي تماما للسطح العاكس مع خط الجزء المنكسر عن السطح الفاصل بين الوسطين. وستسمى الزاوية المحصورة بين مساري الجزء المنعكس والمنكسر بزاوية بروستر (Brewster Angle) حينما يتعامد المساران.

وبإمكاننا إيجاد (زاوية بروستر) عن طريق المعادلة التالية:

$$\theta_B = \arctan\left(\frac{n_2}{n_1}\right).$$

حينما يمثل كل من (n_1) و (n_2) معاملي انكسار الوسطين على التوالي. (انظر مدخل – قانون سنيل لانكسار الضوء – في الجزء الأول من هذا الكتاب، حيث ستجد تفسيرا أوفى لمعنى الانكسار، والذي يعني باختصار مقدار حيود شعاع الضوء عن مساره المفترض نتيجة لمروره من وسط مادي إلى وسط مادي آخر مغاير).

(1) Dichroism– للكلمة معنين مختلفين ولكن مترابطين في علم البصريات فهي تعني أولا: مادة لها قابلية فصل الضوء الأبيض إلى عدة ألوان تختلف بطولها الموجي. وثانيا: مادة لها قابلية امتصاص شدات مختلفة من حزمة ضوء تحتوي على موجات ضوئية مختلفة الاستقطاب. المترجم.

وكمثــال عملي لمـا سبق ؛ خذ شعاع الشمس الساقط على زجاجـة، فمعامل انكسار الضوء للزجــاج هــو ($n = 1.5$) ومعامل انكسار الضــوء للهواء هو ($n = 1$ تقريبـا). وعليه ستكون (زاوية بروستر) للضوء المرئي حوالي (56 درجة) مقاسة من الخط العمودي الخيالي المُسقط على سطح الزجاجة. ولكن بما إن معامل انكسار الضوء لأي وسط يعتمد على الطول الموجي للضوء الساقـط، فإن (زاوية بروستر) لابد وأن تتغير بتغير الطــول الموجي له، هذا يدفعنا إلى الاستنتاج – بديهيـا – بأن شعاع الضوء الأبيض الاعتيــادي – والذي يتكون أصلا من عدة ألوان بأطوال موجيــة متباينة، لابــد وأن يكوّن أكثر من زاوية استقطاب واحــدة (لأن لكل لون طوله الموجي الخاص به وزاوية استقطابه التي تميزه) وسيكون استنتاجنا – بناء على ذلك – بأن زاوية استقطاب الضوء المذكورة سابقا بقيمة (56 درجة) ما هي إلا مجرد تقريب. وسنكون مصيبين في ذلك!

بما إن غالبية التجارب المجراة على استقطاب الضوء تبتدئ بشعاع ضوء مار في الهواء فلقد اصطلــح على اعتبار (n_1) وهــو معامل انكسار الضوء في الهواء مساويـا للرقم (1). وعليه ستختصر المعادلة السابقة إلى القيمة التالية:

$$\boxed{\tan \theta_B = n_2}$$

وكمثال آخر بإمكاننــا إيجاد قيمة (زاوية بروستر) لأشعة ضوء الشمس المنعكسة من على سطح حمام السباحة الحاوي على معامل انكسار مقداره (1.33) باستعمال (قانون بروستر) المذكور لنحصل على ظل $\theta_B = 1.33$ وعليه ستكون زاوية استقطاب الضوء المنعكس من على سطحه مساوية (لـ 53.1) درجة.

ولعــل في النظريــة الفوتونية للضوء توضيحا مبسطا ونافعا جــدا لمفهوم الضوء المستقطب والــذي يمكننــا مــن إدراك وتفهم ظاهــرة استقطــاب الضوء بوضــوح. بالمفهــوم الفوتوني (الكُميمي للضوء) فــإن لكل فوتون عنصران يكونانه؛ هما الحقلان الكهربائي والمغناطيسي واللذان يتذبذبان بتعامد أحدهما على الآخر وبتعامدهما سوية على خط مسار شعاع الضوء. ولكن للفوتون خاصية دوران مستمرة وبكميات متغايرة حول محور مسار حركته نسبة لغيره مــن الفوتونات المصاحبة له. فإذا فهمنا نموذجنا المبسط آنف الذكر استطعنا أن نقول إن كافة

فوتونات الضوء الاعتيادي (غير المستقطب) هي في حركة عشوائية كاملة وباتجاهات دورانية متباينة بعضها نسبة لبعض، أما الضوء المستقطب فهو الذي يتم الحصول عليه بعد إمرار حزمة الضوء السابقة (بفوتوناتها العشوائية الدوران) خلال مرشح الاستقطاب والذي سيسمح فقط بمرور الفوتونات المتناظرة والمتماثلة في حركة دوران حقليها الكهربائي والمغناطيسي المتعامدان مع بعضهما ومع خط مسارهما.

من الجدير بنا هنا وقبل استطرادنا في شرح (ظاهرة الاستقطاب) أن نذكر بأن كامل طيف الأشعة الكهرومغناطيسية وجزئها المعروف لدينا تحت اسم (الضوء المرئي) له صفتان، الأولى وهي شدته (Amplitude) والتي تفسرها العين البشرية على شكل شدة لمعان أو وهج (Brightness)، وقيمة تذبذب (Frequency) أو طول موجي (Wave Length)، تفسره العين البشرية كلون من الألوان. وفي الحقيقة فإن ظاهرة الاستقطاب الضوئي (أو زاوية التردد – كما يمكن أن نسميها) ليست بالحالة المحسوسة لدى البشر فلا يمكن لأعيننا التحسس بها أو يمكنها ذلك ولكن بدرجات متدنية جدا. ولكن على أية حال هناك بعض التجارب أو الحالات التي يمكنها – بطريقة غير مباشرة – إثبات وجود الضوء المستقطب لنا. وعلى سبيل المثال فإن كافة الأشعة المنعكسة إلى أعيننا من على سطح صقيل لماع هي أشعة ضوء مستقطبة كليا أو جزئيا، ولإثبات ذلك ما عليك إلا أن تضع في طريقها إلى عينيك (مرشح استقطاب) كعدسة النظارة الشمسية ماركة (بولارويد – Polaroid) والتي تكون بطبيعتها متعامدة مع خط الشعاع المنعكس عندها سيختزل الضوء الواصل إلى عينيك بدرجة كبيرة جدا أو أنه سيختفي تماما.

يتوفر اليوم في الأسواق مرشح ضوء مستقطب صناعي يسمى (البولارويد Polaroid) اخترعه (ادون اتش لاند – Edwin H، Land) في عام (1938). يُصنع ذلك المرشح بسحب طبقة منه باتجاه واحد بحيث تجبر الجزيئات الهيدروكربونية المكونة له على الاصطفاف باتجاه واحد وبعد أن تعامل تلك السلاسل الهيدروكربونية المنتظمة بمادة اليود فإنها ستصبح موصلة للكهربائية إذا ما سُلّط عليها الضوء بذبذبة معينة. والآن إذا ما سُلط الضوء المناسب على تلك الشريحة (المستقطبة) بحيث يكون الحقل الكهربائي للذبذبة المناسبة – وهو قيمة متجهة

– موازيـا للسلاسل الهيدروكربونية التي تؤلفها، فإن تيارا كهربائيا سيتولد على طولها – وبما إن الطاقة لا تُفنى – ولا تستحدث – فإن تحول طاقة الضوء الساقطة إلى كهربائية سيخفيها من الظهور ولن تتمكن عين المراقب خلف (المرشح المستقطب) من رؤيتها. وعلى العكس تماما إذا ما سقطت أشعة الضوء بحيث صار حقلها الكهربائي عموديا على مستوى اصطفاف جزيئات (المرشح المستقطب) فإن كامل طاقة الضوء ستمر ويتم الإحساس بها كضوء شديد مرئي.!

يحـدث الاستقطاب العشوائي للضوء في الجو الأرضـي بصورة مستمرة بسبب جزيئات الهـواء وحبيبـات الأتربة الدقيقة العالقة به ولهذا فإننا غالبا مـا نرى (توهج) السماء بجانب قرص الشمس في النهار، ولذلك تظهر معظم الصور المأخوذة في نهار مشمس وكأن منظر السمـاء خلفها قد مُحي وظهر بلون مبيض باهت. يتلافى المصورون المحترفون هذا (التشوه) في صورهم النهارية باستعمال مرشحات الضوء المستقطبة.

تستفيـد الكثير من الحيوانات في بقائها وإدامة حياتها على تمتعها بقابلية استشعارها للضوء المستقطب، فهو الذي يهدي أسراب النحل إلى الرجوع لبيوتها قبيل الغروب بعد رحلة موفقة بـين زنابق الأزهار وحقول الأشجـار وهو الذي يدل الحمام على طريـق العودة إلى أعشاشه والطيـور المهاجـرة في طويل ملاحتها. لقـد حبَا المولى عز وجل (سبحانـه) تلك المخلوقات بقابلية استشعار الضوء المستقطب خطيا والذي له – دائما – خاصية الإشارة إلى اتجاه الشمس.

استطاع بعض الباحثين في شركة [مركز (3M) لتكنولوجيا وإنتاجيات الضوء والأفلام] في مدينـة (سنت بول)، بولاية مينيسوتا الأمريكية من استحداث وبناء مواد جديدة استخدمت في صناعـة نوع جديد من المرايا، قال عنها مبتكروها إنها تضع (تعميمات) قانون (بروستر) في تطبيقات عملية عامة وذلك بزيادة قابلية المرايا التي يصنعونها وفق تلك التكنولوجيا على عكـس الأضواء والصور الساقطة عليها بطرق مدهشـة وذلك بزيادة زاوية سقوطها عليها. ومن التطبيقات التي اقترح الباحثون استعمالها لتلك المرايا، هو استخدامها لصناعة شاشات حاسبـات تكون أكثر بريقا. وبإمكانك الاطلاع على تفاصيـل البحوث والأعمال التي قام بها (ميشيل ويبر – Michael Weber) وزملاؤه في المصدر الملحق بهذا المدخل في باب

(مصادر إضافية وقرارات أخرى) تحت عنوان:

[الخصائص (ثنائية الانكسار – Birefringence) العظيمة في المرايا التركيبية متعددة الطبقات]

للفضوليين فقط:

• أطلق بروستر اسم (الكاليدوسكوب – Kaleidoscope)[1] على منظاره الدوار الجميل الشكل والذي استقاه من الجذور الإغريقية (وتعني الجميل – Kalos – Beautiful) و (الشكل – Eidos – form) و (المنظار أو المشاهد – Scopos – Watcher).

• اشتهر بروستر بكونه أحد فطاحل كشف غش وخداع الفيزيائيين في تجاربهم ونظرياتهم.

• اخترع العالم البريطاني [شارل ويتستون (1802–1875) Charles Wheatstone] (المسماع الجميل – Kaleidophone) والذي اسماه تمجيدا لاسم اختراع (بروستر). تألف ذلك الابتكار من أوتار بيانو ملفوفة بأسلاك فضية أو من قضبان معدنية تصدر أصواتا ومقطوعات جميلة جدا عند وضعها بالقرب من مصدر ضوئي.

أقوال مأثورة:

• إن في القوة الحقيقية التي تستمدها أي نظرية من قابليتها على تفسير والتنبؤ بحالات وظواهر مُثبتة لهو وبلا أدنى شك المعيار الحقيقي لصدقها وصحتها...

بروستر

David Brewster، (Observations on the Absorption of Specific Rays، in Reference to the Undulantory Theory of Light).

مقتطف من بحثه الموسوم (ملاحظات حول امتصاص أنواع محددة من الإشعاعات اعتماداً على النظرية الموجية التماثلية للضوء.

(1) وهو عبارة عن مخروط من الورق أو الكارتون تثبت على قاعدته وسطحه الداخلي مثلثات متساوية من (المرايا) العاكسة. يوضع في داخله قطع من الحصى أو الزجاج الملون وتغلق فتحته العليا بعدسة مكبرة. تنعكس صور قطع الزجاج الملون مراراً داخله ويمكن مشاهدة أشكال متناظرة جميلة خلابة مختلفة كلما دار. (المترجم)

• لقد كان (بروستر) مؤمنا عتيدا ومدافعا صنديدا عن المذهب (البرسبايتيري – Presbyterianism)[1] البروتستانتي المسيحي والذي أيقن بوحدة الإيمان وبخطر الأفكار والمناظرات الفيزيائية على فحوى الدين وصلب هُداه، فلقد آمن (بروستر) بأن التخمين والحدس لابد وأن يحتوي على الريبة، والريبة غالبا ما تولد إما الضياع أو دكتاتورية الفكر الذاتي.

مورس

Edyar W. Morse، (David Brewster)، in Dictionary of Scientific Biography.

مقتطف من مدخله في (معجم سير العلماء الذاتية).

• إن لإلهام[2] بروستر (ويقصد بالكلمة فكرته الفذة عن الضوء المستقطب) العديد من الاستخدامات العملية والكثير من الفوائد العلمية، فلقد وجدت فكرته تطبيقاتها في ضبط الإشارات الراديوية وصناعة أنواع مبتكرة من المجاهر التي يمكنها تفحص عينات على المستوى الجزيئي، كما أنها كانت محورا لتطوير صناعات الألياف الضوئية والليزرات وفي الدراسات التعدينية وفي الرصد الفلكي.

بيكر

Cozy Baker، Kaleidoscopes، Wonders of Wonder.

مقتطف من كتاب (الكاليدوسكوب - أعجوبة الأعاجيب).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولد الفيزيائي والكاتب العلمي الأسكتلندي [ديفيد بروستر David Brewster 1781-1868] الذي اشتهر بتجاربه الفذة حول البصريات والضوء المستقطب ولاختراعه

(1) Presbyterianism– ويعني مجموعة المذاهب التي اتبعتها الكنائس المسيحية ذات المنحى (الكالفيني – Calvinism) نسبة إلى عالم اللاهوت والمصلح الديني الفرنسي (جون كالفن – John Calvin) والذي اشتهر بكتاباته ومناقشاته الإصلاحية في القرن السادس عشر التي أدت إلى إنشاء مجموعة الكنائس الإصلاحية والذي كان هو نفسه من رواد قادتها، وتعتبر من نحل المسيحية البروتستانتية التي تؤمن بسلطة الله (جل وعلا) المطلقة على الكون وبقداسة شخص السيد المسيح (عليه السلام) وبالنصوص الحرفية للكتاب المقدس. (المترجم). انظر حاشية صفحة (568) كذلك.

(2) الكلمة في أصل النص هي (Angel). (المترجم)

المنظار الدوار (Kaleidoscope)[1]. في مدينة (جدبرك – Jedberg) في أسكو تلاندا.

لقـد هُيئ (بروستر)، ودرس علوم الدين فعلا في جامعة أدنـبرة وقد مُنح في عام (1800) درجة الماجستـير الفخريـة في الآداب وعلـوم الدين وأجيـز فعليا للخطابة والوعـظ ككاهن ضمن ملاك الكنيسة السكوتلاندية. كتب أحد زملائه وهو (جيمس هوك – James Hogg) رسالة إلى الناشر (جيمس فريزر – James Fraser) يصف فيها أول يوم اعتلى فيه (بروستر) منبر الكنيسة قائلا:

((نعم لقد أجيز بروسـتر للوعظ والإرشـاد من على منبر الكنيسـة، وفي أول يوم اعتـلاه (ويا ليتـه لم يفعـل...) حدث ما لم يكن بالحسـبان ونزل عنه إلى غير رجعـة!! فما كاد يرتكز فوقه وما أن تفوه بأول جمله له حتى ارتعب وارتجف وأصابه من العُصاب والتردد ما فاجأ الجميع. لقد كان لوقع نغمات صـوته على أذنيه وقعاً مخيفا كما كان لجمهرة العيون المتطلعة إليه والتي حدقـت به تأثيرا غريبا جرده من كل شـجاعته الأدبية ومقدرته الخطابية، فاقسـم ألا يعود إلى مثل تلك التجربة وألا يتسـلم مثل ذلك العمل ما دام حيا!! نعم لقد فُجعت الكنيسـة الوطنية السكوتلاندية بفقدانه ولكن ذلك الحدث كان يوم عرس وبهجة لجمهرة العلم والعلماء فيها... فلولا رأفة القدر به وبهم... ولولا تأخر تسـلم (بروسـتر) لدار القساوسة الخاص به لكان قد شرب مشربهم وسار بهديهم حاله حال بقية أفراد الشعب وسائر الرعية إلى المجهول...)).

لقد نما تعطش (بروستر) للعلم واهتمامه به سوية مع تبجيله للدين وللدراسات الدينية وانغماره بها، ففي عام (1799) تفتحت شهيته لإجراء التجارب العلمية وبانت بوادر عبقريته في صناعة الأجهزة العملية، ومن هنا بدأت اهتماماته بدراسة ظواهر استقطاب وانعكاس وامتصاص الضوء. لقد قضى (بروستر) جل وقته متمتعا بتصميم وصناعة الآلات والأدوات بـمختلف أشكالها وأنواعها بما في ذلك صناعة الساعات الشمسية والمجاهر الضوئية والمراقب الفلكية. اعتمد دخله أساسا على قابليته الفذة في الكتابة والتحرير، فقد شارك في تحرير كل من [مجلة ادنبره Edinburgh Magazine 1802-1806] و[مجلة اسكوتلاندا Scots Magazine 1802-1806] و [موسوعة ادنبره

(1) (انظر معنى وشرح الكاليدوسكوب في أسفل صفحة (428) رجاءً.(المترجم).

[Edinburgh Encyclopedia (1807-1830)]، كما ألف وحرر العديد من الكتب والمقالات. وقد شابه (بروستر) في اندفاعه وتفانيه في نشر العلوم، الفيزيائي البريطاني الشهير [وليم لورنس براك (1890-1971) William Lawrence Bragg] - انظر ذلك تحت مدخل (**قانون براك لاستطارة الضوء**) في الجزء الرابع IV من هذا الكتاب.

تزوج بروستر في عام (1810) من (جوليت ملك فرسن - Juliet Mcpherson) وأنجب منها خمسة أطفال وعاش معها حياة رغيده سعيده هانئه لما ينيف عن الأربعين عاما وحتى وفاتها. ولما بلغ عامه الرابع والسبعين تزوج للمرة الثانية من (جين برنيل - Jane Purnell) والتي تمكن من إنجاب طفلة واحدة منها.

وفي عام 1815 تمكن (بروستر) من تأكيد وجود العلاقة البسيطة (كصفة للمواد العاكسة ثنائية القطبية - Dielectric Reflectors) وهي مجموعة المواد العازلة كهربائيا - كالزجاج مثلا - والتي يمكنها الاحتفاظ بالحقل الكهربائي داخلها وبمقدار تبدد يقارب القيمة الصفرية) ما بين معامل انكسار المادة لطول موجي معين من الأشعة الكهرومغناطيسية وبين زاوية الاستقطاب للشعاع المنعكس لذات الطول الموجي. ولهذه العلاقة البسيطة بين معامل انكسار المادة وزاوية استقطابها أهمية كبيرة في إيجاد معامل الانكسار حتى ولو حصلنا على كمية ضئيلة من المادة المطلوبة وذلك لحاجتنا إلى مساحة صغيرة جدا من السطح العاكس لإتمام القياس.

أما ما نعنيه بمصطلح (زاوية بروستر- Brewster Angle) أو زاوية الاستقطاب لأي مادة (ثنائية القطبية - Dielectric) فهي زاوية السقوط المحددة التي إذا ما اتبعتها أي موجة كهرومغناطيسية مستقطبة (كالضوء أو غيرها) بموازاة سطح السقوط فسيتم بثها تماما (دون أدنى انعكاس)... وهذا يعنى أن الموجة الكهرومغناطيسية غير (المستقطبة) الساقطة على ذلك السطح وبتلك الزاوية فإنها سوف تنشطر إلى قسمين:

الأول: يُبث (Transmitted) وهو الجزء المستقطب أفقيا مع السطح.

والثاني: يُعكس (Reflected) وهو الجزء المستقطب عموديا على السطح.

نشر (بروستر) أول أبحاثه في المجلة المعروفة باسم (أطروحات جديدة حول الآلات

الفلسفية المبتكرة) والذي شرح فيه أعماله وتجاربه حول الصفات البصرية لمئات من المواد التي تمكن هو شخصيا من ابتكارها خلال دأبه المستمر لتطوير المناظير الفلكية.

انتخب في عام (1815) زميلا للجمعية الملكية وتمكن من اختراع المنظار الدوار (الكاليدوسكوب – Kaleidoscope)[1] في عام (1816). كتب (كوزي بيكر – Cozy Baker) مؤسس (جمعية المعجبين بمنظار بروستر الدوار)، ومؤلف كتاب: (المنظار الدوار: أعجوبة الأعاجيب) واصفا الهرج والصخب الذي اعقب انتشار خبر ذلك الاختراع قائلا:

((لم يسبق لأي اختراع قبل (منظار بروستر الدوار) أن آثار هذا الهرج وذلك المقدار من الهيجان والتعاطف. لقد عمت (هستريا) النظر خلاله كافة طبقات الشعب؛ الحكماء منهم والمحكومين، البلهاء منهم والمتعلمين، والمهتمين منهم وغير المهتمين حتى عم طوفانه كل زاوية وشارع وأُعجب به كل مقيم وضاعن، حتى بإمكانك تلمس البهجة والشعور بفرحة كل الناس الذين اعترفوا بل وأقسموا أنهم لم يروا في حياتهم شيئا أبهج مما رأوه ولا أداة أظرف مما صنعوه.)).

كتب المخترع الأمريكي [ادون لاند (1909–1991) Edwin Land] في دورية الجمعية الأمريكية لعلوم البصريات، واصفا ذلك الجهاز (بأنه كان عبارة عن جهاز التلفزيون لخمسينيات القرن التاسع عشر (1850s)، فلم يخل منه أي بيت محترم وغالبا ما تراه وقد تربع مكانه في صدر كل مكتبة بيته أو في مقدمة كل صالون).

وقد ذكره الدكتور [بيتر ام. روجيه (1779–1869) Dr. Peter M. Roget] عام (1818) في معجمه الشهير باسمه (ثيزورس روجيه) قائلا: [**لم يسبق أن أحدث في تاريخ البشرية أو خطر على ذهن إنسان أن صاحب أي اختراع أو فكرة أو عمل أو ابتكار ما أحدثه (منظار بروستر الدوار) من إعجاب وقبول وتأثير سواء من المنظور الأسطوري التخيلي أو من منطلق الفهم المنطقي**]. لقد بدأ ابتكار (بروستر) الأول وتصميمه الرائد بوضعه أزواجاً من المرايا المتلاصقة في نهاية طرف أنبوب ورقي، وأزواجا من القطع الزجاجية الملونة البراقة في نهاية طرفه الآخر ووضع خرزات قليلة ملونة فيما بينهما داخل الأنبوب.

(1) راجع معنى الكلمة في صفحة (428) من هذا الكتاب. (المترجم)

حصـل (بروستر) على براءة اخـتراع كاملة لما جادت به قريحته وتفتـق عنه ذهنه ولكن بسبب إهمال بسيط وغلطة عابرة في عملية تسجيل تلك البراءة، فقد كل حقوقه فيها **(فهو لم يع افتقارها لأي نص يضمن له حقوقه المادية من وراء ذلك الاختراع)**، فلما ذهب وكيله الذي اتفق معه على صناعة المناظير إلى صانعـي النظارات في لندن ليتفق معهم على أسعارها، فُشي سر الاختراع واضطرم الاهتمام به وحمي وطيس الحصول على تلك الأجهزة الأمر الذي جعل كل من رأى ذلك الاختراع أو تفحصه بغية تقديم عرض لتصنيعه سارقا لفكرته ومصنعا لنماذجه الخاصة به والتي درّت عليه شخصياً (من دون بروستر – مخترعه الأصلي) الأموال الطائلة. لقد بيعت مئات النماذج لصالح مصنعيها قبل أن يتمكـن (بروسـتر) من الحصول على قرش واحد من ورائها. ولم تمضِ سوى شهور قليلة إلا وقـد بيعت فـي بريطانيـا وفرنسـا من نماذج الكاليدوسكوب ما يقـارب الـ (200000) نموذج.

كتب (بروستر) في عام (1818) خطابا إلى زوجته، جاء فيه:

((لا يمكنــك أبدا تصـور الأثر الـذي أحدثه جهازي في لندن. إن ما حدث لم يسـبق له مثيل. لم يتمكن أي كتاب أو اختراع سابق من جذب الناس والتأثير عليهم بمثل ما فعل اختراعي الفريد. فأنت يا عزيزتي ترين الآلاف من ضعاف الحال والفقراء الذين صاروا يقتاتون من وراء صـناعة جهازي وبيعه في الأسـواق. لقد أحدث اختراعي وبساعات قليلـة من الاهتمام والمرح والتأثر والبهجـة والمال والفرح ما لم يحدثه آلاف المخترعين وآلاف الفنانين والصناع والكسبة والحرفيين في سنين عديدة.)).

وبعد الصدى الكبير والانتشار الواسع لجهازه (الكاليدوسكوب) عمد (بروستر) إلى تأليف كتاب يحمل نفس العنوان. علّـق (مارجوري سنشل – Marjorie Senechal) على الضجة والصدى الذي أحدثه كتاب (الكاليدوسكوب) ونشره في كتاب ثان أسماه (صدى الكاليدوسكوب) جاء فيه:

((لقد كان وبحق كتابا رائدا، رائعا سباقا لشرح المبادئ الرياضية لأسس (التناظر) بأسلوب علمي سلس بسيط موجه إلى القارئ الاعتيادي ورجل الشارع البسيـط... لم يتمكن أحد

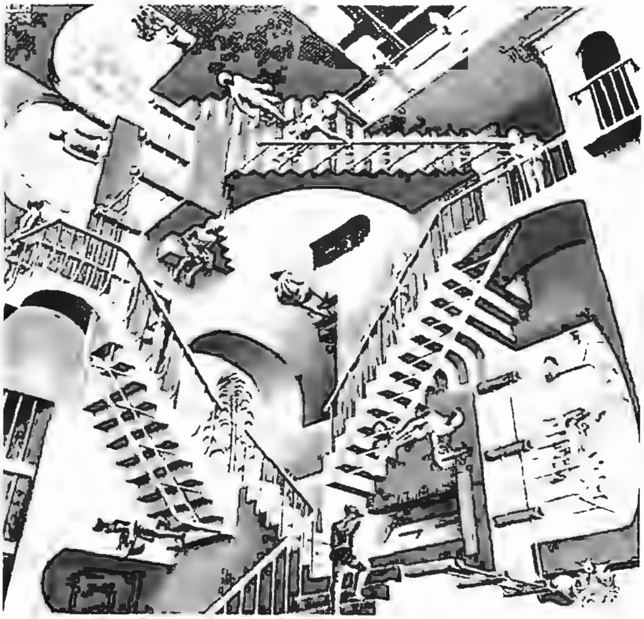
ولما ينيف على القرن بعد ذلك (ما عدا – ام. سي. ايشر – M. C. Escher)[1] من بث وتعميم ثقافة وتذوق (التناظر) لدى العامة مثل ما فعله (بروستر). لا جرم بأن ما أثاره كتابه الصغير من اهتمام وضجة كان مساويا لما أثاره جهازه ذاته من لغط وبهجة.)).

عمد (بروستر) إلى ابتكار اختراع آخر جديد أسماه (المرقاب البصري المجسم – The Lenticular Steroscope) والذي سرعان ما عم استعماله وانتشر كلعبة مسلية، ومبدأ الجهاز كان لإنتاج صورة خيالية ثلاثية الأبعاد أمكن إضافة الألوان البراقة إليها لزيادة جاذبيتها.



أم . سي . أيشر – الشلال M.C.Escher – The Water Fall

(1) Maurits Cornelis Escher (1898–1972) – فنان تشكيلي هولندي عُرف بنحوتاته وأعمال حفره على الخشب والحجر ورسومه المبتكرة بلون واحد متعدد الظلال. وأهم ما امتازت به أعماله هي رابطتها الرياضية المتقنة ورسومه ذات المجسمات المستحيلة والتي عبرت عن مواضيع معقدة ومهمة كاللانهاية (Infinity) والمعمار المستحيل (Impossible Architedurc) والتماثل (Tessellations). انظر النماذج المرفقة – (المترجم).



أم . سي . أيشر – النسبية M.C.Escher – Reletivity



أم. سي. أيشر – المحدب والمقعر M.C. Escher – Convex and Concave

عكس المرقاب البصري المجسم حقيقة ولع (بروستر) وحبه للتصوير الفوتوغرافي. أما مبدأ ذلك الجهاز فكان عبارة عن صندوق صغير مغلق يمكن فتح جوانبه لإدخال الضوء مع تثبيت عدستين قابلتين للتعديل فيه. لقد أُعجبت ملكة بريطانيا (فكتوريا – Queen Victoria) أيما إعجاب

بذلك الجهاز الجديد والذي رأته متربعاً صدر صالة العرض العظيمة في قصر البلور في عام (1851). لقد كان إعجاب الملكة وثناؤها على هذا الاختراع الجديد هي الشرارة الجديدة التي أوقدت ثورة عارمة جديدة متجددة من الحماس والإعجاب والإقبال على جهاز (بروستر) المبتكر هذا.

استمر (بروستر) في دراساته وبحوثه البصرية حتى استطاع أن يضع بصمة واضحة على تطوير مجمل نظام الفنارات البريطاني. ومع أن التاريخ يشهد لعالم البصريات وصانع العدسات المرموق [اوكستين فرسنل (1788-1827) Augusstin Fresnel] فضله في ابتكار وتطوير العدسات ثنائية البؤر والمستعملة إلى ذلك الحين فيها، إلا أن وصف (بروستر) لها وتطويره إياها خلال وبعد عام (1812)، إضافة إلى كفاحه المرير من أجل الضغط على صناع القرار في البحرية البريطانية لأجل استخدامها في الفنارات واستبدالها بالقديم من الزجاج والعدسات كان له كأس السبق لاعتباره هو شخصيا الرائد في تطوير ذلك الاستخدام. أما عدسات (بروستر) فقد امتازت بخفة وزنها رغم كبر حجمها وكان باستطاعتها توليد شعاع من الضوء يمكن رؤيته من على مسافات بعيدة جدا فاقت بمراحل المسافات التي كان يمكن أن يبلغه تميز الضوء المنبعث بواسطة عدسات (فرسنل) المستعملة في الفنارات القديمة.

لقد تعددت اهتمامات (بروستر) وتنوعت مشاربه حتى أُعجب كل العجب وانبهر أشد الانبهار بالجدل الطويل الشائك الذي كان قد برز في خلال عشرينيات القرن التاسع عشر والذي كان ملخصه يدور حول مقدار العدد الصحيح لألوان الطيف الضوئي. فلقد انبرى (اسحاق نيوتن) لاقتراح وتثبيت العدد بالرقم سبعة وتمسك بذلك، في حين اقتنع العديد من العلماء الآخرين بضرورة كون عدد ألوان الطيف أقل من ذلك وساقوا مثال تكون اللون الأصفر - وببساطة - من مزج اللونين الأحمر والأخضر برهانا لذلك. أما (بروستر) وقد تشرب بمتعة ذاك الجدال، وانغمس في خضم ذلك الحوار، فقد عمد إلى استخدام العديد من منظومات العدسات والزجاجات الماصة للألوان، وجرب الكثير من تشكيلاتها حتى توصل إلى إثبات حقيقة كون اللون الأصفر لونا مميزا قائما بذاته.

لقد امتلأت حياة (بروستر) بالإنجازات والابتكارات والشهرة والتكريم، فقد مُنح لقب (فارس)

في عـام (1831)، وبـدأ يستثمر موهبته الفذة في التحرير فشرع يكتب السير الذاتية للعظماء من أمثال (نيوتـن– Newton) و (غاليليـو– Galilo) و (تايكوبـرا – Taikeo Brah) و (يوهانز كبلـر– Johanns Kepler)، كما كُلِّف، واستطـاع بالفعـل تحريـر العديد من مواضيـع الموسوعـة البريطانيـة الشهيرة (The Encyclogaedia Britanica). وفي عام (1859) انتخب عميدا لجامعة أدنبره.

أمـا في عام (1854) فقد ألف كتابا مثيرا بعنوان (العـوالم الأخرى: أفكار العلماء وآمال المتدينين) ذكـر فيه إمكانية تشابه المجموعـات الشمسية الأخرى ومماثلتها لمجموعتنا من حيث وجود الأقمار والشموس والكواكب وضرورة كونها جميعا مأهولة بنوع أو بآخر من أنماط الحياة. لقد أجج كتاب (بروستر) العديد من المشاعر والأحاسيس المتضاربة؛ المؤيدة والمناهضة، وقد كان كتابا فريدا على أية حال ومما جاء فيه:

((لا يمكنك الوقوع على أية آية أو تعبير في كامل نص العهدين القديم والجديد يناقض الفكرة الأساسـية العظيمة القائلة باحتمالية وجود العـوالم الأخرى في كوننا هذا الذي نعيش نحن فيه وتكون مأهولة بمثل، أو بأنواع مغايرة من الحياة أو الذكاء مهما كانت أشكالها. بل على العكس تماما أنا على يقين كامل بأن تلك الحقيقة لتطابق الحقيقة المطلقة السامية بوجود (الإله – تبارك وتعالى)، ولعل في القصـة التوراتية الجميلة والمثيرة والتي ذُكرت في الـ (بسالمست - Psalmist)[1] وأظهرت الإعجاب والدهشـة بذلك الكائن الضـعيف البسيط الذي استطاع أن يبهر (الطبيعة) بإنجازاته الخارقة وبغزوه للكواكب الأخرى وبمحاولاته للتعرف والتقرب من الشـموس البعيـدة لهو ذاته ذاك (الإنسان) الذي استطاع استثمار ما لديه من ذكاء لتغيير حاله وما حوله، أكثر من دليل إيجابي واحد على تعدد العوالم والأكوان)).

وفـي عـام (1855) احتـدم الجـدال وازداد اللغـط وعمـت الفوضى بظهــور الوسـيط الروحـي الأسكتلانـدي الشهيـر [دانيال دنكلاس هـوم (1886-1833) Daniel Dunglas Home]

(1) Psalms – كتـاب توراتـي يحتوي على (150) قصيدة لخصت الايمان اليهودي. ألفـه العديد من الأحبار بعد غرق فرعون بزمـن، لتمجيد ممالك داود عليه السلام. وكثيراً ما كانت بعض تلك القصائد ترتل لاستلهاب عزائم الرجال عند الحروب واشتداد المعارك لما امتازت به من حماسة ووقع.– المترجم.

والـذي اشتهر عنـه امتلاكه للقدرات الخارقـة واتصاله بـالأرواح والملائكة وقابليته علـى استصدار الأصوات والإيحاءات خلال جلساته.

وقد دُعي (بروستر) للبت في شأن ذاك الوسيط الذي أقام الدنيا في زمانه ولم يقعدها، فما كان منه إلا أن كشف الحجاب عن خداعه وأماط اللثام عن شعوذته وذلك من خلال رسالة مطولة نشرهـا في صحيفة (إعلان الصباح)، والذي فنّد فيهـا كافة مزاعم (هوم) الروحانية وأضاف يقول: [**لقد رأيت من ممارسـات هذا الرجل وألاعيبه ما أقنعني بخداعه وبأن كل ما يُرى ويسـمع خلال (جلساته الروحانية المزعومة) ما هي إلا ألاعيب لا تعجز يدي الإنسان ولا قدميه على الإتيان بمثلهـا**].

احتدمت نار الجدال وحمي وطيس النقاش بين مصدق ومكذب حتى نُشر في ذات يوم مقالا ساخنا يُفنّد ويُهرطق ما ذهب إليه (بروستر) في ادعاءاته زور (هوم) وتفنيده (لوساطته الروحانية السامية)، فما كان من صاحبنا إلا أن رد ردا مفحما قاطعا على مناوئه وضّح فيه أنه لم يُسمح له شخصيا بالنظر تحت الطاولة التي كان يستخدمها (هوم) في جلساته، وخلافا لما آمن به كاتب المقالـة المناوئة بأن ما صدر من أصوات وما سُمع من جلبـة كان مصدرها الأرواح والملائكة، فإنه شخصيا يؤمن قطعا بأن ما حدث كان من صنع أصابع (هوم) نفسه وأفعال قدميه، وبدل أن يصدق أحد أن ارتفاع المنضدة كان بفعل الأرواح كان حري به النظر إلى الأسفل والتحري عن الخدعة التـي أحذقتها قدمي (هوم) نفسه في تحريكها، واللتين لم تكونا تتحركان خارج نطاق تلك الطاولة ولا كان (هوم) نفسه يسمح لأحد من مشاهدتهما خارجها.

اقتربت المنية من (بروستر) لما قارب عامه السابع والثمانين، فلما أصيب بداء (ذات الرئة – Pneumonia) أدرك أنه يحتضر وأن ساعته قد آنت وأن صُحُفه قد طُويت، فكتب بكل سمو الايمان وصفاء النفس يقول:

> **((نعم إني لأدرك ذلك، وأدرك اقتراب منيتي مني وأني عن قريب لمغادر. ولكن عزائي في ذلك عظيم وبشراي فيما أنا مقبل عليه عميم، فإني سـعيد لأني سـألتحق بالملكوت الأعلى ولذلك شـأن خطير بالنسـبة لي لأني سـأُكرم بالنظر إلى وجه مولاي وخالقي (تبارك وتعالى)، ولذا فإني سأتخلى عن روحي وكلي طمأنينة وحبور وسعادة)).**

ولما ووُري جثمانـه الثرى وانفض عقد المعزيـن بوفاته سارعت ابنتـه (السيدة ماركريت ام. كـوردن – Margaret M. Gordon) إلى طبـع سيرة حياته في كتاب ضخم مهيب أطلقت عليه اسم (الحياة العائلية للسر ديفيد بروستر) والذي ذكرت وصنفت فيه ما ينيف عن (2000) من أوراقه وبحوثه العلمية.

أُطلـق اسمـه تكريما له على إحدى فوهـات القمر بقطر (10 كيلومـترات) وتم الاعتراف بذلك في عام (1976) من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالمية.

لم يقصـر (بروسـتر) ذهنه وتفكـيره – وطوال حياتـه – على دراسة وبحـث الاستقطاب وقوانينـه وتأثير درجات الحـرارة وتباين مناسيب الضغط الجوي على مقـداره وشدته، وإنما سرح بفكره بعيدا لاستكشـاف ودراسة الصفات الغريبة لبعض (البلـورات ذوات المحاور المزدوجـة Birefrengent Crystals) وقابلية الانكسار الثنائية ولدراسة وتدقيق قوانين الانعكاس وتطبيقاتها على الفلزات.

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Baker, Cozy, *Kaleidoscopes: Wonders of Wonder* (Concord, Calif.: C&T Publishing, 1999).

Brewster, David, *The Kaleidoscope* (Edinburgh: Constable & Company, 1819; reprint edition, Holyoke, Massachusetts: Van Cort Publishers, 1987).

Brewster, David, *More Worlds Than One: The Creed of the Philosopher and the Hope of the Christian* (New York: Robert Carter & Brothers, 1854).

Land, Edwin, "Some Aspects of the Development of Sheet Polarizers," *Journal of the Optical Society of America*, 41(12): 957–963, 1951.

Morse, Edgar, W., "David Brewster," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970)

Pendergrast, Mark, *Mirror Mirror: A History of the Human Love Affair with Reflection* (Basic Books: New York, 2003).

Senechal, Marjorie, "Reflections of Kaleidoscope," in *Symmetry 2000* (Proceedings from a symposium held in Stockholm, September 2000), edited by I. Hargittai and T. C. Laurent (London: Portland Press, 2002).

Weber, Michael F., Carl A. Stover, Larry R. Gilbert, Timothy J. Nevitt, and Andrew J. Ouderkirk, "Giant Birefringent Optics in Multilayer Polymer Mirrors," *Science*, 287(5462): 2451–2456, March 31, 2000.

أفكار فلسفية و آراء للمناقشة:

• لاشك بأن اختيار (العوالم الأخرى) والتي سيكون بإمكانها استضافة أشكال مماثلة أو مغايرة من أنماط (الحياة)، ستكون ضمن أسس وقوانين ونواميس مقننة ثابتة توفر البيئة الحميدة المناسبة لنشوئها. ومن ذلك لي أن أستنتج أن على أي (حياة عاقلة – تعي نفسها – وتدرك ذاتها) أن تبدأ أو تكون قد بدأت بالفعل بالبحث عن العوالم الأخرى... والتي تتمتع بتلك المميزات والصفات لغرض التعرف عليها أو حتى إيجادها. إن العوالم والأكوان الحاوية على تلك القوانين والمواصفات والتي تمكنها من استضافة ورعاية كائنات مثل أو حتى أعظم مما تتصور قد تكون بالفعل أقرب إلينا مما نظن ونعتقد...

بنفورد

Gregory Benford، in John Brokmen's (What we Believe but Cannot Prove).

مقتطف من كتابه (ما نؤمن به ولا يمكننا إثباته).

• لقد فاق استعمال الرياضيات (أو لعلها هي ذاتها قد تفوقت على نفسها) كوسيلة فعالة لإيضاح وتبيان مرامي كافة حقول الفيزياء النظرية السابق ولوجها ولحد الآن، فلدى تصديها لبناء وتفسير (نظرية الأوتار - The String Theory) الجديدة، سواء كان الأسلوب الرياضي المتبع في ذلك (صعبا كان أم مبسطا)، قد مكنها من الإفصاح عن جملة من الحقائق والتوقعات تجاوزت كل ما نعرفه من (فيزياء)، إلى حقول وآفاق جديدة لم يسبق أن خطرت على ذهن بشر. أنا موقن أن ذلك المؤشر (وعلى غرابته) لهو الناقوس الهادي لنا بأننا قد بدأنا بالفعل(الآن) سيرنا في الطريق الصحيح...

عطية

Michael Atiyah، (Pulling the Strings). Nature

في مقالة له في مجلة (نيتشر - Nature) بعنوان (ها قد بدأنا بسحب الخيوط).

• لقد اتسعت وتمددت (نظرية الأوتار) إلى ما أسميناه (بنظرية الأوتار الفائقة - The Superstring Theory) والتي انتفخت بدورها حتى امتصتها واستوعبتها (نظرية الأغشية - The Membrane Theory). ورغم أن عليّ الآن أن أستدرك وأعترف بعدم وجود أي دليل علمي ملموس – ولحد الآن –

يثبت ما سبق أو يعززه، ورغم فهمي المحدود لـ (نظرية الأغشية) والتي يمكن تسميتها للتبسيط اللفظي فقط (بنظرية م – ميم - The M. Theory) إلا أنها قد نالت إعجابي حقيقة لكونها تماثل وإلى حد ما نظرية (الدوائر المتحدة المراكز لبطليموس - Ptolemy's Theory of Epicycles) ولأنها تشمل الكثير من التعقيد الذي قد يتطلب اختماره ونضجه الوقت الطويل.

كاردنر

Martin Gardner in (Interview with Martin Gardner).

Notices of American Mathematical Society. 2005

في مقالة له بعنوان (مقابلة مع مارتن كاردنر) نشرت ضمن دورية (ملاحظات جمعية الرياضيين الأمريكية) لعام 2005.

• إذا ما تمكنا من حصر الميراث الحضاري للثورة العلمية الغربية برمتها وحاولنا إيجاد محور الزخم الدافع لكل تقدمها وإنجازاتها وتحولاتها – وعلى مدى القرون الثلاثة التي نشأت وترعرعت ونضجت فيها – لبرز أمامنا حالاً (صرح الرياضيات) و(المنحى الكمي لتحليل الحقائق) كأهم قبسان تنجذب إليه أنظارنا؛ كونهما لب المشكلة وديدن المسألة. إن أول من ابتدع فكرة النظام الهندسي وإمكانية احتوائه للطبيعة والكون كان (الكسندر كوير - Alexander Koyre) ومنذ ذلك الفتح العظيم – خلال القرنين السادس والسابع عشر – ظلت فكرة هندسة الكون تقوى وتنمو وتتقدم بامتصاصها وبإحاطتها بكل فرضيات ومعطيات العلوم. ولا يمكن لأي عالم – اليوم – ومهما كان حقل اختصاصه وطريقة تفكيره – إلا أن يستعين بهما للإفصاح عن بنات أفكاره ونتائج أعماله، ولعل هذا ما دأبنا عليه دون أي بادرة فكاك أو أمل خلاص ومنذ الثورة العلمية وحتى اليوم.

ويستفول

Richard S. Westfall. (Newton's Scientific Personality). Journal of the History of Ideas.

مقتطف من مقالة بعنوان: (شخصية نيوتن العلمية) نشر في (مجلة تاريخ الأفكار).

• لقد نجحنا أيما نجاح في تصنيف منهاج فهم الكون بتقسيمه إلى عالمين، عالم المقاييس (الدقيقة) وعالم المقاييس (الشاسعة). لقد كان غرضنا في ذلك تبسيط المفاهيم وتفكيك الملابسات، وقد نلنا

سبق الظفر في ذلك...

لنا الآن أن نفصح عن بعض نشوتنا وفخر إنجازنا عندما نرى أن قوانين الفيزياء التي وضعناها ووثقنا بها يمكن تطبيقها بحذافيرها وعلى امتداد الكون الشاسع وإلى حدود أفقه المحسوس لنا على عظمته واتساعه، وأن الظروف الطبيعية التي تحيط بكل ملاحظاتنا ومشاهداتنا وفي كافة أرجائه لهي... هي في كل زاوية من زواياه وعند كل أفق من آفاقه.

ستينهارت

Paul Steinhardt، (Einstein، An Edge Symposium).

قانون ديولو و بتي للحرارة النوعية

THE DULONG - PETIT LAW OF SPECIFIC HEAT

فرنسا، 1819:

تتناسب الحرارة النوعية للفلزات عكسيا مع أوزانها الذرية.

محاور ذوات علاقة:

همفري ديفي (HUMPHRY DAVY)، واندريه- ماري امبير (ANDRE (MARIE) AMPERE، و جونز برزيليس(JONS BERZELIUS)، ولوي- جاك ثينار (LOUIS-JACQUES THENARD)، وفرانسوا اراكو (FRANCOIS (ARAGO)، والبرت اينشتين (ALBERT EINSTEIN) وقانون دبي لتكعيب درجة الحرارة المطلقة (DEBYE'S T^3 LAW) وقانون قوة الأرباع الخمسة لديولو وبتي(DULONG - PETTIT'S FIVE-FOURTHS POWER LAW)

من أحداث عام 1819:

- ابتاعت الولايات المتحدة الأمريكية (مقاطعة فلوريدا- **Florida**) من إسبانيا لتضمها إلى فيدرالية ولاياتها. (ولمزيد من الايضاح والدقة: فإن الجزء الشرقي من تلك المقاطعة كان قد منح إلى الولايات المتحدة بعد عقد الاتفاق الذي تم بموجبه تنازل إسبانيا عن جزء المقاطعة الغربي). وقد سددت الولايات المتحدة الأمريكية بالمقابل مبلغ خمسة ملايين دولار تعويضاً لها مقابل الأضرار التي سببها الثوار والمنشقون الأمريكيون وألحقوا بها.

- سُجلت (س.س. السافانا - **S.S. Savannah**) كأول سفينة بخارية تجارية تُبخر عباب المحيط الأطلسي.

نص القانون وشرحه:

ينص قانون (ديولو - بتي) والذي تقدم به في عام (1819) كل من الكيميائيين الفرنسيين (بيير لوي ديولو - Pierre Louis Dulong) و (الكس ثيريز بتي - Alexis Therese Petit)،

على أن كمية الحرارة النوعية (C) لبلورة هي:

$$C = 3\frac{R}{M}.$$

حيث تقاس (C) بوحدات الجول لكل درجة حرارة مطلقة لكل كيلو غرام واحد من المادة البلورية.

و (R) هو ثابت الغازات ويساوي (8.314472) جول لكل درجة حرارة مطلقة لكل وزن عياري من المادة.

و (M) هي الكتلة العيارية للمادة المدروسة (مقاسة بوحدة الكيلو غرام لكل وزن عياري واحد منها).

ينطبق هذا القانون على تصرف المواد بدقة كبيرة للغاية في حدود درجات الحرارة العالية جدا للمواد الصلبة ذوات الهيئة البلورية البسيطة نسبيا. أما في حدود درجات الحرارة الدنيا فينهار هـذا القانون بسبب تأثير التداخلات الميكانيكية الكمية (Quantum Mechenical Effects) والتي تكتسب أهمية أعظم على المستوى الجزيئي فتُبرز عن ذاتها عندها، كما يفترض القانون (لثباته ولصحة مجاراته لأسلوب تصرف المواد تحت الاختبار) ألا تموع المواد ولا تغلي ولا تغير من تشكيله كيانها البلوري ضمن نطاق درجات الحرارة المدروسة.

احتل (الماس) مكانة متميزة في تاريخ الفيزياء الحديثة نظرا لإمكانه تسجيل أعظم زيغ ممكن عن (قانون ديولو – بتي) ولحد الآن، فهو لا ينصاع له حتى ضمن نطاق درجات حرارة الغرفة الاعتيادية. دفعت تلك الظاهرة (اينشتين) وأوقدت في ذهنه فكرة احتمال تطبيق (التأثيرات الكمية – Quantum Effects) للمواد على صفة حرارتها النوعية. فنجح في ذلك أيما نجاح. ومن الجدير بالذكر أن مثل تلك التأثيرات تبلغ مدى بعيدا جدا في حالة (الألماس) وذلك بسبب تشكيلته الذرية البلورية الفريدة رُباعية الرؤوس (Tetrahedral)[1] إضافة إلى أن حقيقة صلابة الماس تعود إلى القوة الخارقة التي تتمتع بها الأواصر الرابطة بين ذرات الكربون

(1) Tetrahedral – Lattice Atomic Stracture :– وهي الأشكال البلورية التي تتخذها بعض المواد بحيث تكون الرؤوس مثلثة الأوجه، كما في الشكل على صفحتي (160) و(161) من هذا الكتاب – (المترجم).

في بلوراته من جهة، واتخاذ تلك الذرات شكلا مستقرا ثابتا جدا، حيث ترتبط كل ذرة بذرة مماثلة ومن أقطابها الأربعة ضمن تشكيلته المنتظمة الفريدة من جهة أخرى.

لعل الطريقة المثلى لفهم المقصود (بالحرارة النوعية) هي بإدراك أن المواد ذوات الحرارة النوعية المنخفضة، كالمعادن والفلزات مثلا تحتاج إلى قدر أقل من الطاقة لرفع درجة حرارتها وتسخينها إلى درجة معينة، بعكس المواد الأخرى ذوات الحرارة النوعية العالية، كالماء مثلا والتي ستحتاج إلى مقدار أعلى من الطاقة لرفع درجة حرارتها إلى مقدار مماثل لما سبق. وعليه وبعبارة أوضح فإن المقصود (بالحرارة النوعية): هو درجة كفاءة المواد في احتفاظها بحرارتها أو مدى أهليتها وقابليتها لاختزان الطاقة الحرارية داخلها، وقد يكون في هذا التوضيح الأخير سببا مقنعا لاستخدامنا لمصطلح (القابلية الحرارية) في التعبير عنها أحياناً.

من الملاحظ مختبريا ولأجل المزيد من الدقة في توضيح المقصود بتعبيري (القابلية الحرارية – Heat Capacity) و(الحرارة النوعية – Specific Heat) إن المواد المختلفة تختلف في مقدار أو كمية الحرارة المطلوب تجهيزها إلى كل نقطة محددة منها لغرض رفع درجة حرارتها (كلها جميعاً) إلى درجة معينة محددة ومتماثلة. إن مقدار الكمية الحرارية المطلوبة لتحقيق ذلك تعتبر صفة خاصة تنفرد بها كل مادة قيد الدرس والبحث.

أود أن أجذب انتباهك – عزيزي القارئ، وفي هذه المناسبة – هنا إلى أن حاصل ضرب مقدار (الحرارة النوعية) لأي عنصر أو فلز والتي قد يطلق عليها أحيانا مصطلح (القابلية الغرامية الذرية – Gram – Atomic Copacity) في الوزن الذري له، هي قيمة شبه ثابتة دائما للمواد الصلبة. نستنتج من ذلك أنه بإمكاننا حساب الوزن الذري لتلك العناصر أو الفلزات بقياس درجة حرارتها النوعية حسب القانون المذكور.

يُفضل بعض العلماء كتابة قانون (ديولو – بتي) على الشكل التالي، والذي يرتكز على حقيقة تعبير الحرارة النوعية لحجم معين من العنصر أو الفلز عن معدل التغير في حرارة، (أي مشتقة الحرارة نفسها) كونها وجهاً من أوجه الطاقة:

$$C = \frac{\partial}{\partial T}(3kTN_A) = 3kN_A/\text{mole} = 24.94\ \text{J/mole}$$

وفي هذه المعادلة متعددة الحدود نجد أن:

k يمثل – ثابت بولتزمن (Boltzmann's)[1]

و T – درجة الحرارة على مقياس كلفن لدرجات الحرارة المطلقة.

و N_A – عدد أفوكادرو و $3kTN_A$ – حدا يمثل مقدار الطاقة لكل وزن عياري واحد (mole).

وباستعمال الصيغة المعدلة السابقة لقانون (ديولو – بتي) للحرارة النوعية، يظهر لنا وعلى سبيل المثال تقارب قيمتي الحرارة النوعية لكل من فلزي الرصاص والنحاس وفق الحسابات التالية:

النحاس (Copper) $0.386\ J/g\ ^{\circ}C \times 63.6 g/mole = 24.6\ J/mole\ ^{\circ}C$

الرصاص (Lead) $0.128\ J/g\ ^{\circ}C \times 207 g/mole = 26.5\ J/mole\ ^{\circ}C$

من الملاحظ أن كلا من (ديولو) و (بتي) كانا قد استخدما في عام (1819) وحدات تختلف عما نستخدمه اليوم وتمكنا من إثبات حقيقة تساوي (الحرارة النوعية) لكافة المواد تقريبا واعتبراها في نطاق قيمة مقاربة لـ (6 سعرات حرارية) لكل وزن عياري واحد من المادة مضروبا بدرجة كالفن، أي:

.(6 calories / mole. K)

لاحظ هنا أن اختلاف وتغيير استخدام الوحدات في التعبير عن القيم والكميات الفيزيائية قد تغيرت وتطورت عبر العصور واختلفت باختلاف المصادر والأدبيات، وعليه فلابد للقارئ الحصيف من أخذ ذلك التغيير بنظر الاعتبار، إلا أننا ولغرض الاختصار والتبسيط

(1) Boltzmann's Constaut: ثابت فيزيائي يربط الطاقة على المستوى الجزيئي مع الحرارة المقاسة على المستوى الكتلوي (Bulk Level) ويساوي حاصل قسمة ثابت الغازات (R) على عدد افوكادرو وله نفس وحدات الانثالبية... (Entropy).
وتبلغ قيمته كما يلي حسب الوحدات المكتوبة إزاءها:

مقدار قيمة ثابت بولتزمن (K)	الوحدة المستخدمة	رمزها
$10^{-23} \times 1.380654(24)$	جول لكل درجة حرارة مطلقة واحدة	J/K
$10^{-5} \times 8.617343(15)$	الكترون فولت لكل درجة حرارة مطلقة واحدة	eV/K
$10^{-16} \times 1.380654(24)$	ارج لكل درجة حرارة مطلقة واحدة	erg/K

(المترجم)

نطمئنكم بأن كافة النتائج كانت متطابقة ومتبادلة وباستعمال مختلف الوحدات.

والآن عـودة لما سبق الإشارة إليه في صدر هذا المُدخل بأن قانوننا المذكور ينطبق وبدقة في درجات الحرارة العالية وينهار تطبيقه بسهولة في درجات الحرارة المنخفضة (وفقا للتفسيرات الكميميـة)؛ إليك جدول مختصر يبين مقـدار القابلية الحرارية العياريـة لعدد من الفلزات في درجـة حرارة الغرفة الاعتياديـة (25 درجة مئوية) وتغايُرها مقارنة بمقـدار القابلية الحرارية لـذات الفلـزات في درجات الحـرارة العالية والتي ستبلـغ قيمة شبه ثابتة تقـارب ما مقداره (6 calories / mole. K).

اسم الفلز	قابليته الحرارية المعيارية
الألومنيوم	5.82 Calories / mole K
النحاس	5.85 Calories / mole K
الذهب	6.11 Calories / mole K
الرصاص	6.32 Calories / mole K

يعتبر قانون قوة الأرباع الخمسة (The Five– Fourths Power Law) قانونا شهيرا متعلقا بقانون (ديولو – بتي) سابق الذكر... وينص على تناسب مقدار فقدان جسم لحرارته إلى الهواء الأبرد الساكن المحيط به مع قوة الأرباع الخمسة لحاصل طرح درجة حرارة المحيط المطلقة من درجة حرارته المطلقة ويمكن التعبير عن هذا القانون بالصيغة الرياضية التالية:

$$H_L = (T - Ts)^{5/4}$$

حيث يمثل H_L – مقدار الحرارة المفقودة.

و T – درجة حرارة الجسم المعني المطلقة. و Ts – درجة حرارة محيطة المطلقة.

للفضوليين فقط:

• لقد غالب سوء الطالع وحظ النحس كلا من (ديولو) و(بتي) فغلبهما وَفَتّ عَضُديهما، فجعلهما شريكين في العلم وشريكين في تجرع مآسيهما معاً. أما (ديولو) فقد ولد يتيما معدما، مـا إن شب حتـى أطاح انفجار كيمياوي قام هو به، بأصابع يديه وفقأ له عينه، وأما (بتي) فقد

رمّلته زوجته بعد قرانهما بوقت قصير ولحقها هو إلى مثواهما ولما يتجاوز الثلاثين من عمره.

أقوال مأثورة:

– تزوج (بتي – Petit)... ولكنه لم ينعم بزواجه إلا لستة أشهر، مرضت حبيبته بعدها وسرعان ما تخطفها الموت من بين يديه، فصُدم بذلك صدمة انهار على إثرها فقد كانت حادثة خسارته إياها أكبر مما يتحمل قلبه وفوق ما يستطيع مكابدته، فأوشك عقله على الاختلال. أُصيب بعدها بهزال جسدي وفكري وشوهدت عليه أعراض الهرم المبكر. ولما لم يعد قادرا على الخروج من داره أو التحدث إلى طلابه، هرُع إليه صديقاه (ديولو – Dulong) و (اراكو – Arago) لمساعدته فحملوا عنه معاناة محاضراته وصاروا يحاضرون بدله ويسدّون عنه واجباته حتى يتمكن من الاستمرار في الحصول على مُرتّبه الذي يُقيته.

وسنياك

Jaime Wisniak، (Alexis - Therese Petit)، Education Quimica

مقتطف من كتابه (الكس ثيريز بتي).

– لقد ثبت اعتماد (قابلية الحرارة) للمواد الصلبة على درجة حرارة المحيط ساعة قياسها، ولو صادف لـ (ديولو وبتي) أن عاشا في منطقة باردة من العالم، لما خطر اكتشاف مثل قانونهما ذاك لهما على بال.

هولدن

Alan Holden، The Nature of Solids.

مقتطف من كتابه (طبيعة المواد الصلبة).

ملخص لسيرة حياة المكتشفين:

ولد العالم الكيميائي والفيزيائي الفرنسي الشهير [بيير لوي ديولو Pierre Louis Dulong 1785–1838] والذي اكتشف مع زميله العالم الكيميائي والفيزيائي الفرنسي الذي

لا يقل عنه شهرة [الكس ثيريز بتي (1791-1820) Alexis Thevese Petit] القانون الذي ينص على **ثبوت قيمة حاصل ضرب الحرارة النوعية لأي فلز مع وزنه الذري**، في مدينة (رويه - Rouen) الواقعة في الجزء الشمالي الغربي من فرنسا. وهي نفس المدينة التاريخية التي سبق أن أُحرقت فيها الفتاة الفرنسية (جوان دارك - Joan of Arc) بعد اتهامها بالسحر في عام (1431) والتي أُعلنت قديسة بعد وفاتها بعد أن ثبتت براءتها مما أُلصق بها ولو بعد حين.

فقد (ديولو) كلا والديه، فأصبح يتيما ولما يبلغ من عمره الخمس سنوات، فآلت وصاية رعايته إلى عمته التي أحسنت مثواه، ثم سُجّل في المدرسة التقنية في باريس في عام (1801) حينما بلغ السادسة عشرة من عمره وكان أصغر من قُبل فيها بالنظر لنباهته وسرعة حفظه وشطارته. إلا أن المحزن في الأمر هو تأثير كثرة الفروض والواجبات المدرسية على صحته فاعتلت، الأمر الذي أرغمه على مغادرتها في العام التالي.

بعد سنوات، وحينما استرد عافيته ونشاطه التحق بكلية الطب وتخرج منها وصار يُعالج الفقراء والمعوزين حتى لو لم يتمكن أحد منهم من سداد أجرة فحصه، ولكنه اضطُرّ بعد فترة من الزمن إلى ترك ممارسة مهنة الطب التي لم تُوفر له الدخل اللازم لمواصلة حياته الكريمة، الأمر الذي يمكن فهمه بسهولة إذا ما علمنا ميله الشديد لمساعدة مرضاه ودأبه على إعفاء الفقراء منهم من دفع رسوم الفحص وإصراره على شراء الأدوية اللازمة، ومن جيبه الخاص للمعوزين أيضا.

تزوج في عام (1803) وتمكن من إنجاب أربعة أطفال، توفي أحدهم وهو لايزال رضيعاً. أما الخطوة المباركة التي خطاها بعد كل مشاكله المالية فكانت باتخاذه مجال الكيمياء والتجارب مهنة له رُغم ما حفّ بها من مخاطر وأحاط بها من صعوبات مهنية، فعلى سبيل المثال ولأجل إكمال دراساته في الكيمياء ولإجراء تجاربه فيها، اضطر (ديولو) إلى صرف آخر جنيه في محفظته لغرض شراء الآلات والأجهزة اللازمة لذلك، أضف إلى كل ما سبق معاناته الجسدية الحرجة والأذى الجسيم الذي لحق به عندما شرع بدراسة واختبار بعض المواد شديدة الانفجار كمركب (ثالث كلوريد النتروجين) الذي اكتشفه هو بنفسه والذي كان السبب

المباشر لبتر إحدى يديه وفقدانه لإحدى عينيه.

حـــدث انفجار هائل حينمـــا كان (ديولو) يتعامل مع دورقين حـــوى الأول غاز الكلورين (Cl_2) والآخر كلوريد الأمونيوم (NH_4Cl) امتزجت المادتان وكونتا مركب ثالث كلوريد النتروجـــين (NCl_3) عديم الاستقرار الأمر الذي ولّد انفجاراً فقـــأ له إحدى عينيه وأطاح له بعـــدد من أصابع يده (اختلف المؤرخون وكاتبو سيرتـــه الذاتية في تقدير عددها بالضبط)، لم يُثنه الانفجار ولا فاجعته بفقدان عينه وأصابع يده عن استمراره بدراسة مركب ثالث كلوريد النتروجين (NCl_3) الخطر جدا والتعامل معه، فتعزى إليه اليوم معرفتنا بذلك المركب القلق، عديم الاستقـــرار، شديد الانفجار، وصفاته الفيزيائية والكيميائيـــة... فهو سائل زيتي أصفر اللون، درجة غليانه حوالي (71 درجة مئوية)، كريه الرائحة له بخار مخرش للعيون وللأغشية المخاطية. ونعلم اليوم بأن ذلك المركب له قابلية الانفجار بتماسه مع العديد من المواد وحتى لو بمجرد تعرضه إلى الضوء الساطع.

سمع الكيميائي والفيزيائي الإنكليزي الشهير [همفري ديفي (1829–1778 Hemphry Davy] بمـــا قام به (ديولو) من أعمال وتجارب بخصوص تلك المادة المتفجرة المدهشة فقرر إعادة تجاربه لغرض استيعـــاب القوة التفجيرية لمادة (ثالث كلوريد النتروجين) بنفسه وهكذا كان حذرا جدا بتحضير ما لا يزيـــد عن حجم حبه من خردل لذلك الغرض، ولكن تلك الكمية الضئيلة سرعان ما انفجرت انفجارا عنيفـــا مهـــولا دافعة بشظايا الزجـــاج للتناثر في كل الاتجاهـــات وبضمنها تجاه مقلتيـــه فدخلت واحدة مـــن تلكم القطع حدقة إحـــدى عينيه ومزقت قرنيتها. وثّق (همفري ديفـــي) ذلك الاكتشاف المدهش والحدث الأليم برسالة بعثها إلى الفيزيائي الفرنسي ذائع الصيت [أندريه – ماري امبير Andre – Marie Ampere (1775–1836] جاء فيها:

((نعـــم لقـــد كان ذلك الزيت الذي اطلعتُ عليه وعلى تركيبه زيتا شـــيطانيا بكل معنى الكلمة، فلقد كان مدهشاً حقاً وامتاز بقوة تدميرية هائلة أثارت فضولي وفاقت طموحي وأفقدتني إحدى عينيّ. لكنني أود تطمينك هنا بأني سأتماثل للشفاء (بإذن الله تعالى) في غضون أشهر قليلة وسأعود إلى تجاربي وأعمالي)).

قد لا يعقل مقدار الإهمال واللامبالاة التي يتمتع بها العلماء والمكتشفون واللتان ظلتا صفتين ملازمتين لمعظمهـم على مر العصور. فمن المتوقع بعد كل تلـك الخسائر المادية والإصابات العضوية أن يتعلموا دروسهم ويأخذوا حذرهم في تعاملهم مع تلك المادة الخطرة كي يتفادوا المزيد من الإصابات والأضرار والخسائر، ولكن (ما كل ما يتمناه المرء يدركه...) فها هو العالم الكيميائي والفيزيائي الإنكليزي [ميشيل فراداي 1867 - 1791 Michael Faraday] والـذي شغل منصب المساعد الأول للعالم (همفري ديفي) في ذلك الوقت والذي استمر في مساعدتـه وإعانته لتحضير المزيد من المـادة المرعبة وإجراء العديد من التجارب الخطرة عليها حتـى جاء عـام (1813) فاكتفيا بما أصابهما من ويلات وما لحق بهمـا من أذى من جرائها فكتب في تلك السنة رسالة جاء فيها:

((لقـد تمكننا من إجراء تجارب أخرى وعلى كميات أكـبر من تلك المادة. ولا أخالكم تتصـورون حقيقـة ما حدث في كل مـرة، فما تكاد المادة تسـتقر لهنيهات معدودة في مكانهـا حتـى تنفجر بدوي هائل يصـم الآذان وبخراب مريع يسـم الأبـدان، ورغم ارتدائنا، أنا والسر همفري أقنعتنا الواقية فقد تطايرت شظايا الزجاج في كل الاتجاهات وأصـابته بجرحين عميقين حول ذقنه إضـافة إلى ضربة قوية تلقاها رأسـه بجبهته رغم سمك القناع وكثرة بطانات وحشوات الحرير لتلطيف ملمسه وطبقات الجلد السميك لتقسـية خارجه. عند ذاك طفـح الكيل وبلغت خطورة التعامل مـع تلك المادة المرعبة مداها فقرر (السير همفري) إيقاف تجاربه بها وإلى إشعار غير منظور)).

أما (ديولو) نفسه فقد أوقف تجاربه وامتنع عن المضي في بحوثه (وعبثه) بتلك المادة بعد أن نال نصيبه الوافي من الإصابات والجروح والكدمات من جرائها!!

شغل (ديولو) عدة مناصب في حياته منها كرسي الأستاذية في الفيزياء للفترة من (1820) ولغاية (1830) في باريس، وبعد ذلك عُين عميداً للدراسات العليا في (المدرسة العليا للبولي تكنيـك) في باري، ثم تعـاون مع صاحبه الكيميائـي الفرنسي (الكس ثيريـز بتي) من عام (1815) ولغايـة (1820)، ولما وافت زميلة (بتي) منيته استمـر على نهج أبحاثهما لوحده

حتى تمكن من نشر نتائجهما وما توصلا إليه بخصوص مواضع (الحرارة النوعية) و(قابلية الحرارة) وذلك في عام (1829).

لقد تمكن كل من (ديولو) و (بتي) في عام (1819) من اكتشاف قانونهما الشهير في الكيمياء والذي حمل اسميهما منذ ذلك الحين. نص القانون **على تناسب الحرارة النوعية لكثير من الفلزات التي تكون بحالتها الصلبة في درجة حرارة الغرفة الاعتيادية (25 درجة مئوية) عكسيا مع أوزانها الذرية** – وقد استخدم القانون كما سبق شرحه في استخراج الأوزان الذرية لتلك العناصر.

وقد جاء في ورقتهما المنشورة في عام (1819) تحت عنوان (دراسات وأبحاث حول بعض النقاط المهمة التي تخص نظرية الحرارة) ما يلي:

((لعل المراجعة البسيطة والنظرة المتعجلة (لقيم ظاهرتي الحرارة النوعية والوزن الذري النسبي للفلزات) لتلك الأرقام البسيطة قد تقودنا إلى تقريب أبسط وعلاقة أشد بساطة وأغرب من أن تحتسب بذات أهمية، فضلا عن الإدراك العميق بأن ما بين طياتها ومحتواها يكمن قانون على جانب من التفرد والرصانة تمكنه من الامتداد وشمول كافة المواد بسيطة التركيب. ولعل في قرب المواصفات والنتائج التي حصلنا عليها ومقاربة بعضها لبعض عدديا ما يخولنا استنباط واستنتاج القانون الآتي منها: إن لكافة ذرات الأجسام البسيطة (ويعني بذلك العناصر الحرة – عدا المركبات– وبالأخص الفلزات) قابلية حرارة تكاد تكون واحدة)).

أبّن (ديولو) رفيق أبحاثه وزميله العزيز (بتي)، حينما عُيّن خلفا له في منصبه كعميد (للمدرسة العليا للبولي كنيك) في عام (1820) قائلا: لعلي لا ألوم إلا نفسي لضعف شخصيتي وقبولي المنصب الذي كان يشغله أعز صديق إلى نفسي (بعد وفاته) وبهذه السرعة.

في عام 1823 تم انتخاب (ديولو) عضوا في الأكاديمية الملكية للعلوم وفي عام (1829) توصل إلى إثبات حقيقة أن الأحجام المتساوية من كافة الغازات (مهما كان نوعها) تمتص وتطلق عين الكمية من الحرارة إذا ما تم ضغطها أو خضعت للتمدد المفاجئ إلى ذات الجزء المحدد من حجمها الأصلي. وقد افترضت التجربة إجراء كافة العمليات وكون كل الغازات

تحـت نفس الظروف مـن درجات الحرارة وعين مقدار الضغط، كمـا اكتشف أيضا تناسب مقدار التغيير في درجة الحرارة عكسيا مع الحرارة النوعية لكل غاز إذا ما حُفظ حجمه ثابتاً.

تباينت ميول (ديولو) وتنوعت مشاربه فخاض غمار أكثر من موضوع علمي وطرق أكثر من باب تجريبي وألف وحاضر في العديد من المواضيع وبرع في الكثير من الحقول شأنه شأن أي عالم موسوعي وعلى مر العصور. وإليك قائمة مختصرة بأعماله وأهم مؤلفاته ومنشوراته، يتصدر كل فقرة منها العام الذي تم فيه إنجازها:

- 1811 – نشر بحثه حول تبادلية التفاعلات الكيمياوية.
- 1815 – اختبر صفات ومميزات المحارير الزئبقية وأجرى تجاربه حول قوانين التبريد في الفراغ.
- 1816 – اختبر وتعرف على بعض الصفات الفيزيائية والتغيرات في لون مركب ثلاثي اوكسيـد ثنائي النتروجين (N_2O_3) وتوصل إلى وصفـه بالمادة الصلبة عديمة اللون في درجة (–20 مئوية)، وبالغاز الأحمر اللون عند التسخين.
- 1820 – نشـــر أبحاثـه المشتركـة مـع الكيميائـــي السويـــدي [جونز برزيليس Jones Berzelius (1779–1848)] المتعلقـــة بخـــواص وكثافات السوائل، واختبر مـع العالم الكيميائي الفرنسـي [لوي – جاك ثينـار Louis–Jacaues (1777–1857) Thenard) خواص المعـادن المختلفة ودورها كعوامل مساعدة في التسريع من تفاعلات واتحاد الغازات.
- 1826 – اختبر مواصفات الغازات وعلاقتها بانكسار الضوء.
- 1829 – اختبر صفة الحرارة النوعية لمختلف الغازات وذلك بدراسة التغيرات الحاصلة في النغمـات المتولدة من آلة الفلـوت الموسيقية عند إمرار مختلف الغازات وبدرجات حرارية متغيرة معلومة خلال فوهتها.
- 1830 – نشر ورقته الشهيرة بمعية الفيزيائي الفرنسي [فرانسو اراكو – Francois Arago 1786–1853] حـول قابلية بخار الماء للتمدد تحت تأثـير درجات الحرارة العالية وتصرفه كغاز

اعتيادي عندها.

• 1838 – نشر بحثه المتعلق بكميات ومقادير الحرارة المتولدة من جراء التفاعلات الكيميائية المختلفة.

لم يفت من عضد (ديولو) ولم تُنتقص من شجاعته ولم تؤثر على اندفاعه للمجازفة في سبيل الاكتشاف العلمي والكشف التجريبي كل ما عاناه من آلام ومصاعب وإحباطات شخصية، ولا ما كابده من أخطار خلال إجرائه لتجاربه الكيميائية الجسيمة عندما فقد إحدى عينيه من جراء ذلك الانفجار الكبير الذي أعقب تعامله مع مركب ثالث كلوريد النتروجين (NCl_3) شديد الانفجار عظيم الخطورة، ولكنه دعا صاحبه (اراكو) للمجازفة والشروع في دراسة طويلة خطرة جدا حول صفات وضغوط بخار الماء المسخّن إلى درجات حرارية فائقة.

لقد نشأت تلك الفكرة في نفسه واختمرت في ذهنه عندما طلبت منه الحكومة الفرنسية دراسة مواصفات مراجل تسخين المياه وتأثُرها بارتفاع ضغط بخار الماء داخلها إلى درجات عالية، وهكذا انبرى (ديولو) بسلسلة من التجارب على مراجل وفوارات المياه الساخنة وبظروف بالغة الخطورة ودرجات ضغط خيالية فاقت ما يقارب الـ 27 ضعف مقدار الضغط الجوي الاعتيادي داخلها مع احتمال انفجارها الأكيد ما بين لحظة وأخرى.

نُقش اسمه ضمن قائمة الـ 72 عظيما ورائدا فرنسيا والذي قرر (كوستاف ايفل) تخليدهم بحفر أسمائهم على دعائم برج إيفل الشهير. (انظر **قانون كولوم للكهربائية المستقرة** في الجزء الثاني من هذا الكتاب في صفحة).

ولد [الكس ثيريز بتي (1791-1820) Alexis Therese Petit] في مدينة (فيسو Vesoul) الفرنسية، وكان طفلا موهوبا بكل معنى الكلمة، فقد تقدم وأكمل متطلبات قبوله في (المدرسة العليا للبوليتكنيك) ولما يتجاوز عامه الحادي عشر، وكان قد أدهش لجان القبول في تلك المدرسة بحصوله على معدلات فاقت جميع نُظرائه في تلك المرحلة. ورغم النهاية المأساوية لحياته القصيرة، إلا أنه كان قد تمكن من وضع بصماته العلمية على العديد من الإنجازات وفي مختلف الحقول. خير ما يُذكر به (بتي) اليوم هو اشتراكه مع زميله (ديولو)

في وضع القانون الذي خلد اسميهما والذي نص على **أن لذرات المواد البسيطة (من الفلزات) المختلفة نفس القابلية الحرارية**. ولكنه كان قد أدلى بدلوه أيضا وعكف على تحقيق العديد من المشاركات العلمية في مجال تحديد القابلية الحرارية للعديد من المواد، كما شارك في تطوير تفهمنا لخواص بعض المواد الأخرى فيما يتعلق بانكسار الضوء خلالها. كما عمل كذلك على توضيح كيفية تحول الطاقة الكامنة لقدرة ميكانيكية.

لا نعرف إلا النزر اليسير عن طفولته التي قضاها يتيما محروماً في دار عمته، إلا أن ما نعرفه هو تمكنه من الحصول على إجازة (الدكتوراه) في العلوم في عام (1811) عن أطروحته الموسومة: (نظرية رياضية حول الخاصية الشعرية)، والتي كان الغرض من ورائها إيجاد القانون (أو القوانين) التي ستصف خاصية تحرك السوائل في الفراغات الشعرية كمثال صعود عمود الماء عكس الجاذبية إلى الأعلى خلال الأنابيب الزجاجية الضيقة جدا والمسماة (بالأنابيب الشعرية – Capillary Tubes)، علما بأن لتلك الظاهرة الفيزيائية أهمية جوهرية في وجود كافة أنواع الحياة على سطح الأرض ولا سيما الحياة النباتية فهي المسؤولة حتما عن إيصال الماء والأملاح التي تمتصها الأشجار العظيمة إلى أعاليها حيث توجد الأوراق المعرضة لأشعة الشمس لغرض إتمام خطوات التمثيل الكلوروفيلي – أصل إنتاج السكروز، وأصل الحياة على هذا الكوكب –.

نعني بالفعل (الشعري) أو (الخاصية الشعرية): ظاهرة التعامل ما بين أي سائل والمادة الصلبة التي يحدث أن تكون بتماس به، وما يحدث حقيقة في هذه الظاهرة هو ارتفاع أو انخفاض مستوى سطح السائل (أو حوافه) عند نقطة التقائه بالمادة الصلبة التي هو بتماس معها. فعلى سبيل المثال، لو أمعنت النظر إلى قدح الماء الذي أمامك لوجدت أن سطحه سيكون مرتفعا قليلا عند الأطراف (نقطة تماسه مع جدار القدح الخارجي) عنه في وسطه. تنتج الخاصية الشعرية بالحقيقة من تضافر وتعارض قوتين مهمتين تفعل فعلها في المادتين الصلبة والسائلة، هاتان القوتان هما قوة الالتصاق (Adhesion Force) والتي تفعل فعلها بين جزيئات السائل وجزيئات إنائه، وقوة الالتحام (Cohesion Force) وهي القوة التي تضم جزيئات السائل إلى بعضهم البعض.

ولبحث (الخاصيــة الشعرية) بشيء من التفصيل والعمق، دعنا نراجع ما توصل إليه (بتي) بشأنهــا. لقد وجدت بأن العلاقة التي تربط القوة (H) وهي القوة التي يُسلطها جدار الوعاء الشعــري على السائل الموجــود داخله مع القوة ('H) وهي القوة التــي يُسلطها السائل على نفسه؛ يمكن أن تكتب على شكل القانون التالي:

$$H = H' \cos^2(\bar{\omega}/2)$$

حيث تمثل ($\bar{\omega}$) هنا مقدار الزاوية الفاصلة بين سطح السائل وجدار الحاوي له عند نقطة تلاقيهما (علما بأن اتجاهها سيكون دائما مفتوحا إلى جهة السائل في الإناء).

تــزوج (بتي) في عام (1814) ولم يُسعد به، فقد كان زواج شؤم تمرضت زوجته على إثره بعد ستة أشهر فقط، ودامت معاناتها مع ذلك المرض طويلا حتى وافاها أجلها المحتوم في عام (1817) تاركــة قلبا مكلوما كسيرا لم يقو على الحياة السوية بعدها فلحق بها وهو في أواخر ريعان العشرينيات من عمره.

رغــم وفاته شابا إلا أنه كان قد سجل العديد من الإنجازات والفتوحات العلمية، ففي عام (1815)، نــال (بتي) درجــة الأستاذية الكاملة في الفيزياء من (المعهد العالي للبوليتكنيك). تقرّب من صهره العالم المرموق والفيزيائي الفرنسي الشهير [فرانسوا اراكو (1786–1853) Francois Arago] وتعاون معــه في جل بحوثه المتقدمــة، وعملا معا على فحص وإثبات تأثير تغيرات درجة الحــرارة على تغيير معامــلات انكسار الغازات، فساعدت تلك التجــارب لاحقا على تمسكه بالنظرية الموجية للضوء. أما أول ورقة علمية نشرها فكانت في حوالي عام (1816) والتي ثبّت فيها أبحاثه بخصوص تغيّر قوة مادة معينة وتأثيرها على انكسار الضوء خلالها بتغيير درجة تكتلها.

كُــرّم في عام (1818) بمنحه جائزة الأكاديميــة الباريسية عن أبحاثه حول (قانون التبريد)، ونشر في السنة ذاتها بحثا آخر عن المبادئ الأساسية (لنظرية الماكنة – Machine Theory) كما نشر في نفس السنة ورقة ثالثة عن (نظرية الحرارة). لقد كانت علاقته بأصدقائه – وكما ذكرنــا سابقا – جيدة جــدا، فقد تعاون مع (ديولو) ونشرا معا عــدة أبحاث تناولت (نظرية الحــرارة)، كمــا درسا معــا القوانين التي تتحكــم في تبريد المواد في الفــراغ وفي الهواء وفي

مجالات بعض الغازات الأخرى. أما أول ورقة شارك فيها صديقه (ديولو) بنشرها فقد تناولت القوانين التي تصف خواص تمدد بعض السوائل والمواد الصلبة، وقد حصل كلا الباحثان (بتي وديولـو) في عام (1818) على الجائـزة الفرنسية السنوية للفيزياء والتـي تألفت من ميدالية ذهبية لكل منهما مع مبلغ مالي ضخم كبير بلغ (3000 فرنك فرنسي) لكل منهما أيضا، هذا وقد توّج عمل الرجلين المشترك بتوصلهما معا في عام (1819) إلى صياغة قانونهما الشهير بخصوص الحرارة النوعية للعناصر.

لم تتوقف أبحـاث وأفكار العبقري (بتي) عند حد، فقد عمل على اختبار العجلات المائية وكفـاءة ضـرب المدافع حتى توصل إلى وضع معادلته العمليـة التي مكنت من حساب كمية البارود الواجب شحنها في مدفع ما لغرض الحصول على أفضل قوة دفع لقنبلته، وأعلى سرعة انطلاق ممكنة منه لها، وأبعد مسافة يمكن أن يوصلها إليها.

لقـد تأثر تأثـرا شديدا لوفاة زوجتـه التي تركت لـه فراغا نفسيا وعصبيـا شديدا حتى صارت تنتابه حالات متقطعة وأحيانا مستمرة من الشعور بالإرهاق الشديد وعدم القدرة علـى التركيز ونوبات من الكآبة الحادة، منعته من الظهور العلني أو إلقاء المحاضرات على الأساتذة أو الطلاب. لقد طويت صفحة حياته بسرعة وأُسدل الستار على إنجازاته العلمية الفـذة بوفاته المبكرة بسبب معاناته مـن (داء السل) ولم يكد يتجاوز التاسعة والعشرين من عمـره. أما أهم ما اشتهـر بإنجازه فكان قانونه حـول (القابلية الحراريـة العيارية الثابتة – Law of Constant Molar Heat Capcities).

ووُري جثمانـه الثرى في مقـبرة (الاست – l'Est) وهو المكان الـذي سيلحق به صديقه (ديولـو) ويدفن معه فيـه في بضع سنين. أُطلق اسمه تكريما له وعرفانـا بإنجازاته على إحدى فوهات القمر بقطر (5 كيلومترات)، الأمر الذي صادقت عليه الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين في عام (1976).

لقـد سبق التطرق إلى عدم دقة قانون (الحرارة النوعية لبتي وديولو)، حيث إن هذا القانون يـزوغ زيغا بينا وينهار انهياراً تاماً في درجات الحـرارة الواطئة الأمر الذي استوجب إدخال

التأثيرات الكميمية (Quantum Effects) عليه لإصلاحه. كتب (دونالد دبليو روجرز – Donald W. Rogers) مؤلف كتاب (نظرية اينشتين الأخرى: [نظرية بلانك – بوز – اينشتين للقابلية الحرارية – Einstein's (Other) Theory: The Plank – Bose – Einstein Theory of Heat Capacity –] قائلا:

((لقد لفت ذلك الزيغ انتباه [ألبرت اينشتين Albert Einstein (1879–1955)] وأيقن بانهيار قانون (ديولو – بتي) الحاد وبالأخص فيما يتعلق بمادة (الماس)، والذي أثبتت الدراسات اللاحقة وتحت ظروف حرارية واطئة جداً فشله التام في ذلك وكلما أمعنا في خفضها، كما أثبتت دراسات علوم التبريد بأن الثابت الذي كانا قد توصلا إليه وسمي بـ (ثابت ديولو – بتي) يقترب من قيمته الصفرية بجوار درجة حرارة الصفر المطلق. أما ما قام به اينشتين حقيقة فهو إدخاله بعض التعديلات لتصحيح قابلية التنبؤ بتصرفات القابلية الحرارية لمادة (الماس) حصرا، إلا أنه بعمله الفذ ذاك كان قد توصل إلى نظرية عامة شاملة بخصوص كافة التغيرات المتوقعة والمحتملة لذلك الثابت والذي اكتسب بعد اينشتين صفة (الثابت المتغير C_v) الذي يمكن استعماله مع كامل الطيف الحراري(T) ولكافة المواد الصلبة وحتى بنطاق درجة حرارة الصفر المطلق)).

عمل اينشتين على وضع صياغة جديدة لقانون الحرارة النوعية الذي سبق وأن ابتكره كل من (ديولو وبتي) وذلك بوضع تصور جديد للمادة وهو باعتبارها مجموعة من التذبذبات التوافقية المنتظمة المتحركة في نطاق ثلاثي الأبعاد ومرتبطة ارتباطا وثيقا بنظام بلوري متوازن محدد النقاط. وبالاعتماد على (المفهوم الكميمي) السابق تمكن كل من اينشتين والفيزيائي الأمريكي الجنسية ألماني المولد [بيتر ديبي Peter Debye (1884–1966)] من وضع الصيغة الدقيقة للقانون المذكور والتي تنطبق بدقة عالية جداً ضمن كافة الأُطر الحرارية الواطئة منها والعالية على حد السواء. ويمكن التعبير عن أحد صيغ ذلك القانون بالمعادلة التالية:

$$C = \frac{\pi^2 N_A k^2}{2E_F} T + \frac{12\pi^4 N_A k}{5T_D^3} T^3.$$

حيث يمثل k – ثابت بولتزمن[1].

و T – درجة الحرارة مقاسة بدرجات كلفن المطلقة.

و N_A – هـو عدد افوكادرو و E_F – هو مقـدار طاقة فرمي و T_D – تسمى درجة حرارة (ديبي – Debye) وتساوي:

$$T_D = hV_D/k$$

حيـث V_D هو الحـد الأعلى المسموح به لذبذبة الفونـون – Phonon[2] [والتي تسمى اليوم (بذبذبة ديبي)] و h – هو ثابت بلانك

أمـا الفونونـات فتمثل نوعا مـن الذبذبات التـي تنتشر خلال المواد بسرعـة تقارب سرعة الصوت وتؤثر على تصرفات حرارتها النوعية.

لقـد تمكن ديبي من إثبات وجود درجة حـرارة خاصة محددة لكل مادة صلبة بلورية تبلغ معهـا درجة حرارتها الذرية المقـدار الثابت البالغ (5.67) سعـرة حراريـة لكل درجة، أما نظريـة اينشتين بهذا الخصوص فقد عبرت عن تلك الدرجـة الحرارية بالقيمة التالية (hV_D / K) حيـث تمثـل فيها V_D مقـدار الذبذبة الخاصـة المحددة لكل ذرة ضمـن كيان مادتها البلوري.

واختصاراً للجهد وللتفكير يمكننا الاستعاضة عن المعادلة الطويلة والمعقدة السابقة بأخرى أكثر سهولة وأشد اختصاراً سميت (بقانون التكعيب الحراري المطلق لديبي

(1) (Boltz mann Constant) هـو ثابـت فيزيائي يربط مقدار الطاقة على المستوى الجزيئي مـع درجة الحرارة المطلقة على المستـوى الكتلـوي ويساوي حاصل قسمة ثابـت الغاز (R) على ثابت افـوكادرو (N_A)، أي: ($K_B = R/N_A$) انظـر أيضاً القيم الرياضية لهذا الثابت (حاشية صفحة 442).(المترجم).

(2) Phonon – هو كسيمة (صغيرة) من الطاقة ترتبط بنسق التذبذب الذي يحدث في المواد الصلبة ذات الكيان البلوري المميز. وتـبرز أهميتـه عند دراسة (فيزياء الحالات الصلبة – Solid State Physics) لأنه يفسـر صفاتها من حيث قابليتها على التوصيل الكهرباتي والحراري. تفسر الفونونات ذوات الأطوال الموجية العالية جداً انتقال الصوت في المواد الصلبة وقد اشتق الاسم (– Ph non) من الكلمة الإغريقية التي تعني (الصوت). المترجم

(T³ Debye's Law – وذلك لتناسب الحرارة النوعية لأي مادة فيه مع مكعب درجة حرارتها المطلقة، كالآتي:

$$C = \frac{12\pi^4 N_A k}{5T_D^3} T^3$$

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Crosland, Maurice P., "Pierre Dulong," in *Dictionary of Scientific Biography*. Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Curry, Roger: "Fulminating Oils – Sweat of the Devil – Nitrogen Trichloride and Nitroglycerine," in *Lateral Science*: see lateralscience.co.uk/oil/.

Faraday, Michael, personal letter to Benajmin Abbott, April 8, 1813.

Fox, Robert, "Alexis Petit," in *Dictionary of Scientific Biography*. Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Nave, Carl R., "HyperPhysics: Law of Dulong and Petit," Department of Physics and Astronomy, Georgia State University, see hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/HBASE/hframe.html.

Rogers, Donald W., *Einstein's "Other" Theory: The Planck-Bose-Einstein Theory of Heat Capacity* (Princeton, N.J.: Princeton University Press, 2005).

Wisniak, Jaime, "Alexis-Thérèse Petit," *Educacion Quimica*, 13(1): 55–60, 2002.

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• ما بين طيات العلم وخفاياه، لابد وأن نقع على بعض الافتراضات (الماورائية – Metaphysical)، ليس أقلها شأنا كون عالمنا المحسوس وكوننا المألوف منصاعان كلية لمجموعة من القوانين. ولا يشك أحد بأهمية وعملية القوانين التي اكتشفناها وعلميتها ولكن العلم لا يجيب على التساؤل الجوهري فيما لو إذا كانت تلك القوانين قد سبق هندستها وتصميمها قبل وجود الكون أم لا، وهذا سؤال محير جداً قد يعتبر ماورائياً أيضاً. وعلى كل حال ففي كلتا حالتي إيماننا بوجود المهندس الخالق (العظيم سبحانه) الذي صمم هذا الكون أم إيماننا بعدمه فإن ذلك لن يحل معضلة تساؤلنا التي كانت ولا تزال معقودة حائرة تحاول جاهدة معرفة كيفية عمله.

كارول

Robert Todd Carroll، (Intelligent Design)، The Skeptic's Dictionary.

مقتطف من (معجم المتشكك) في مدخل (التصميم الذكي).

• لعل خير ما نصف به ميكانيكية عمل نظام الكون هو باستخدام مجاميع من القواعد والقوانين التي تقوم بفعلها على شكل مراحل وطبقات، لا علاقة للواحدة منها بالأخرى. أوضح ما يؤثر علينا فيها ويمكننا الإحساس به منها في الطبيعة هي قوة الجاذبية، التي تسيطر على... وتحكم الأجسام العظيمة فيها كالنجوم والكواكب والأجرام الأخرى وجسمك وجسمي. تلك هي قوة واحدة من مجموع القوى الأربع التي تحكم الكون، أما الثلاث الباقيات فيختص مجال عملهن في النطاق المادون الذري.

بوسلوف

John Boslough، (Sephen Hawking's Universe)

مقتطف من كتابه (عالم ستيفن هاوكنج).

• في نقطة ما من مراحل التفكير والإنجاز العلمي، لابد لنا أن نعترف بأهمية وفضل الخيال على العلم والمعرفة. إن من واجب العلم والمعرفة تبيان وتحديد ما نعرفه الآن وما نرغب في فهمه في الوقت الحاضر، أما الخيال فهو سبيلنا الوحيد ومركبنا الفريد لاستشراف المجهول ودليلنا الأكيد لما نود اكتشافه وخلقه في المستقبل.

اينشتين

Albert Einstein، (On Science).

مقتطف من كتاب (في العلم) له.

• يعلم أي منظّر في الفيزياء النظرية - وعلى وجه اليقين - حاجته للاحتفاظ في ذهنه على ست أو سبع معادلات على الأقل تمثل ذات الحقيقة الفيزيائية أو نفس القانون بصورة أو بأخرى، وهو يعلم كذلك أنها كلها صحيحة وكلها متقابلة بل ومتوافقة ومتساوية ولا من حاذق يستطيع الجزم بتفضيل أي منها على الأخرى وعلى أي مستوى وفي أي مرحلة. والآن ستسألني إذا؛ ولم يحتفظ بها كلها عبئاً على ذهنه؟ جوابي لك حاضر: إنه يركن إليهن كي يتمكن من التوصل لحدس أقرب الى ما يرضي نفسه في حالة معينة وظرف خاص.

فينمن

Richard Feynman، The Character of Physical Law.

في كتابه (خصائص القانون الفيزيائي).

• لقد صار من نافلة القول أن نقر بأن نظرية بسيطة بساطة إمكانية طباعتها على صدر قميص اعتيادي بعشرين حرفاً لابد وأن تكون بمتناول الجميع علماً وعملاً، والحقيقة أن هذا هو واقع حال نظريتي النسبية العامة وميكانيكا الكم.

كرين

Brian Greene، (Einstein، An Edge Symposium). WWW.edge.org

• لا يُعبر عن عبق الأسلوب العلمي وشذاه خير من سلاح العقلانية وروعة المنطق: ولذلك فنحن نفترض أن كل شيء في الكون يتصرف على طريقته التي ألفناه يتصرف بها لحكمة معينة ولسبب وجيه، أدركناهما أم لا. الأمر مختلف تماماً فيما يتعلق (بالقوانين) الفيزيائية التي يفترض بنا أن نتقبل وجودها ونؤمن بها بلا أي سند من منطق ولا رافد من عقلانية، والآن إذا كان افتراضانا السابقان صحيحين فلعل كامل كيان العلم وبرمته كان مبنيا على أساس من خواء.

دافيز

Paul Davies، (Laying Down the Laws)، New Scientist.

مقتطف من مقالة له في مجلة (نيوسينتست) بعنوان (وضع القوانين).

قانون القوة المغناطيسية لبايو و سافار

THE BIOT - SAVART LAW OF MAGNETIC FORCE

π فرنسا، 1820:

يولد التيار الكهربائي المار عبر سلك معدني خطوط حقل مغناطيسي تتشكل على هيئة دوائر تقع مراكزها المتحدة على طول ذلك السلك. تتناسب شدة الحقل المغناطيسي المحيط بسلك معدني مكهرب عكسياً مع مربع المسافة الفاصلة عنه. وستتضح جوانب كثيرة أخرى لهذا القانون من خلال شرحه لاحقاً.

محاور ذوات علاقة:

قانون امبير للكهرومغناطيسية ودوائرها الكهربائية (AMPERE'S CIRCUTAL LAW OF ELECTROMAGNETISM)، وقانون بايو للامتصاص الضوئي (BIOT'S ABSORPTION LAW)، وقانون بايو للتمدد (والانتشار) الدائري (BIOT'S LAW OF ROTARY DISPERSION)، وهانز اورستد (HANS QRSTED) ودانيل برنولي (DANIEL BERNOULLI)، وجوريف كاي- لوساك (JOSEPH GAY- LUSSAC).

من أحداث عام 1820:

- اكتسبت اتفاقية تفاهم ولاية (ميزوري Missouri) الأمريكية بخصوص تنظيم ممارسة تجارة العبيد في مقاطعاتها الغربية صفتها القانونية.

- ادعى جوزيف سمث الابن (Joseph Smith Jr.) مؤسس حركة (قديس اليوم الأخير- Latter Day Saint) والتي كانت الأساس لقيام مذهب (المورمون Mormonism)[1] زيارته أثناء إحدى حالات التجلي من قبل السيد المسيح عليه السلام.

(1) (1) Mormonism - المرمونية مذهب يتضمن التعاليم الدينية والعناصر الحضارية التي نادى بها القس (برايهام يونك - Brigham Young) والتحسينات التي أدخلها عليها (جوزيف سمث، الابن) في حوالي أربعينيات القرن التاسع عشر (1840s). تتشابد تعاليمها مع تعاليم (عصبة قساوسة اليوم الأخير - The Latter Day Saint) بقولها بتعدد الزوجات - الذي حرم لاحقا في عام 1904 - والزواج الأبدي والدعوة إلى زيادة النسل وتختلف معها في أوجه أخرى عقائدية. هي حركة حضارية لها تعاليمها الاجتماعية أكثر من كونها إيمان ديني يعتمد على الأسس اللاهوتية. (المترجم).

- أُدخلت (مَيْن - Maine) كالولاية الثالثة والعشرين للاتحاد الفيدرالي للولايات المتحدة الأمريكية.

نص القانون وشرحه:

ينص قانون (بايو وسافار) على تناسب كثافة الفيض (أو الحث المغناطيسي) في جوار سلك معدني طويل موصل ومشحـون بالكهربائية طردياً مع ذلك التيار المـار به وعكسيا مع مربع المسافة التي تفصله عنه. غالبا ما يعبر رياضيا عن قانون (بايو وسافار) بالشكل التالي:

$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{d\mathbf{s} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2}.$$

كل قيمـة مكتوبـة بالحروف الغامقـة تعني أن تلك القيمـة هي مقدار ذو اتجـاه (أي قيمة متجهة). والقيمة المتجهة هي القيمة التي يحددها مقدارها مضافا إليها اتجاه معين. ترينا هذه المعادلة، وبوضوح العلاقة المباشرة بين الحقل المغناطيسي(**B**) المتولد بواسطة قطعة قصيرة من السلك (**ds**) وبين مقدار التيار المنتظم المار خلاله (I). أو بعبارة أكثر مهنية:-

فـإن (**ds**) هي المشتقة التفاضلية لطـول متجهة التيار، وستتحد بالطبع اتجاهه كذلك، أما المتجهة ($\hat{\mathbf{r}}$) فتشير من مكان تولدها داخل السلك باتجاه نقاط حقل فراغي يحيط به وعمليا فـإن ($\hat{\mathbf{r}}$) تشير دائما من مكان تولدها في قطعة السلك الحاوي على التيار الكهربائي داخله إلى النقطة المحددة والتي نرغب منها قياس الحقل المغناطيسي المتولد.

أمـا (r) غـير الاتجاهية الموجودة في المقام فتمثل مقدار المسافـة الفاصلة ما بين منطقة تولُّد التيار داخل السلك وإلى حد نقطة الحقل المحددة سابقاً. ويعني هذا طبيعيا اعتماد قيمة الحقل المغناطيســي وقوته على مقدار بعد موضع أية نقطة عنــه والمسافة الفاصلة بينها وبين السلك الأصلي، وتتناسب عكسيا مع مربع تلك المسافة.

يقاس التيار بوحدات الامبـير والمسافة بالمتر وقيمة الحقل المغناطيسي بوحدات (التسلا - Tesla)، أما قيمة الثابت (μ_0) فتساوي ($4\pi \times 10^{-7}$ T.m/A) ويسمى ثابت الانتشارية

المغناطيسية في الفراغ.

أما القيمة النهائية لمقدار الحقل المغناطيسي المتولد (**B**) في أية نقطة من نقاط الفراغ المحيط بالسلك الحامل للتيار فستساوي حاصل جمع كافة خطوط الفيض المغناطيسي المتولدة من عناصرها، والآن ولحساب قيمة البسط المبين في معادلة (بايو وسافار) والذي يمثله (مقطع) الكمية الاتجاهية ($ds \times \hat{r}$) فهذا يعني حسابنا لحاصل ضرب المتجهتين المذكورتين ($\hat{r}$ x ds) ومن ثم ضرب الناتج بقيمة (جيب الزاوية θ) وهي الزاوية الفاصلة بينهما.

وبالإمكان اشتقاق قانون (بايو وسافار) من قانون دوائر امبير للكهرومغناطيسية (انظر المدخل بعد القادم حول هذا الموضوع) الأمر الذي يعزز من الرأي القائل بأنه ليس قانونا مستقلا. (والقانون المستقل الحقيقي كما نعلم، وهو ما يمكن أن تُشتق منه حدود أخرى أو نتائج ولا يمكن اشتقاقه من أي قانون سبقه – المترجم)، ولكن الأمر لن يخلو من بعض الصعوبات العملية، وعليه ولأجل تذليل تلك الصعوبات علينا أن نفترض كون ذلك الحقل من البساطة بمكان بحيث يؤهلنا حذف قيمته **B** من مقدار القيمة العددية لقانون امبير.

وفيما يلي بعض التصورات الحسابية والهندسية لحالتين خاصتين من تشكيلات الأسلاك وكيفية تكوّن وحساب مقدار الفيض المغناطيسي **B** فيها (يمكنك تجاوزها الى الفقرة الموالية إذا أحسست بحاجتك لإراحة ذهنك بعد هذه الرحلة الشاقة ما بين الأسلاك الكهربائية والحقول المغناطيسية والمعادلات الرياضية).

الحالة الأولى: يمكن استخدام النموذج المبسط لحساب قيمة فيض الحقل المغناطيسي حول سلك طويل جدا لا متناهي في طوله، عندما يكون مقدار التيار الكهربائي المار خلاله (I) وعند أي نقطة في جوار أي جزء منه تبعد عنه بمسافة مقدارها (r) بواسطة المعادلة التالية:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}.$$

عندها سيكون اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي **B** بجوار السلك المستقيم وعند أي نقطة منه عمودياً تماماً على المستوى المحدد بتلك النقطة وخط سير التيار. ونستنتج من ذلك وجوب اتخاذ خطوط الفيض للأشكال الدائرية ذات المراكز المتواضعة على مسار التيار داخل السلك الحامل له.

أما اتجاهها فسيتبع حينئذ (قاعدة أو قانون اليد اليمنى – Right Hand Rule) الذي ستتذكره من دروسك الابتدائية لمادة الفيزياء، والذي ينص على أنه **(إذا أشار إبهام يدك اليمنى إلى اتجاه مسار تيار في سلك، فإن اتجاه دوران أصابعك المطبقة سيحدد لك اتجاه خطوط الحقل المغناطيسي حوله).**

الحالـة الثانية: هي لاستخـدام ذات النموذج المبسط (الذي وضعـه كلاً من بايو و سفار) لحساب قيمة فيض الحقل المغناطيسي في مركز دائرة قطرها (R) يكوّنها سلك يمر خلاله تيار كهربائي قيمته (I). وكما يلي:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

وهنـا أيضا يصح تطبيق قاعدة اليد اليمنى فإذا أشار اتجـاه التفاف أصابعها إلى اتجاه التيار خلال دائرة السلك فسيدلك الإبهام على اتجاه مسار الحقل المغناطيسي داخلها.

وختامـا هنـاك أمثلـة خاصة أخـرى، وقوانـين مبسطة لحسـاب مقادير فيضـ الحقول المغناطيسيـة المتولدة فيها كمثل الأسلاك الغليظة جـدا والأسلاك الملتفة بدورات كثيرة جدا (Solenoid) والحاملـة للتيار والمسمـاة بالملفات الكهربائية (وهـي القلب النابض لكافة المحركات الكهربائية).

للفضوليين فقط:

- ظـل الفرنسيـون على اعتقادهم بـأن كافة النيازك خرافة وتطـيروا منها حتى استطاع (جين – بابتست بايو) من إقناعهم بأن مصدرها صخور هابطة من الفضاء الخارجي لاغير.
- أطلـق اسمه علـى خام (البيوتايت الأخضـر)[1] الذي اكتشـف في مخلفات حمم جبل (فيزوفيس – Vesuvius)[2].

(1) Biotite – عبـارة عـن خـام طبقي الترسب مـن مركبات السلكون ضمـن (عائلة الميـكا – Mica Group) شبه البلورية (بأشكال سداسية غامضة) وتجمع عدة عناصر متقاربة. صيغتها الكيميائية العامة هي: [$K(Mg, Fe)_3 AlSi_3 O_{10} (F, OH)_2$] (المترجم).

(2) أحد ثلاثة براكين موجودة في إيطاليا ويسمى بتلك اللغة (Monte Vesuvio) ويقع شرق مدينة (نابلس – Naples) كما يمتاز بأنه البركان الوحيد الذي ثار في قارة أوربا خلال المئة سنة الماضية. (المترجم).

• أمكــن إيجــاد تطبيق آخر لقانون (بايو – سافار) في حقل ديناميكا الموائع ولا سيما في تطبيقات ديناميكا الهواء التي لها علاقة مباشرة بتصميم الطائرات وقابلية مناوراتها.

• كان (سافار) سباقا في دراساته حول تكون الدوامات في الدم وانتقال أصواتها خلال الأوعية الدموية.

أقوال مأثورة:

– قـدم (فيلكس سافار – Felix Savart) وهو أهم عالم درس فيزياء تكوين الأصوات في النصف الأول من القرن التاسع عشر على الإطلاق، تفسيرا خلاقـا مبتكرا لطريقة توليد الصوت البشري. وذلك بمقارنة الحنجرة البشرية بصافرة استدعاء الطيـور – وهـي عبــارة عن أسطوانــة قصيرة سُدّت كلا فتحتيها بقطعة معدنية سميكة احتوت على ثقب صغير في وسطها والعجيب المبهــر في الموضوع أنه استعان – في تفسيره لمنظوره ذاك – بنموذج جبسي لحنجرة آدمية كان قد استخرجها من جثة ميت وعمل قالبا لها بنفسه!

هانكز وسلفرمن

Thomas Hankins and Robert Silverman، (Instruments and the Imagination)

مقتطف من كتابهما (الآلات والخيال).

– لعـل في عظمـة مـا توصـل إليه (نيوتن) وبُعـد أفـق استنتاجاتــه وعمـق تفكيره ما أَحبط – وإلى غــير رجعة – حــدود الفكر والخيال العلمي البشري، وعليه ستنهار الكلمات صرعى وتــذوب التعابير خجلى عن بيان عمق التأثير العظيم ومقــدار التحول الكبير الذي يمكن أن يحدثــه حسن الدراسة والتعمق في فهم واحدة فقط من أفــكار أو أعمال هذا المفكر العلمي العظيم والمراقب المدهش للطبيعة.

بايو

Jean- Baptiste Biot، Journal de Physique.

مقتطف من (نشرة الفيزياء).

– عــاد العالم الفذ [جــين – بابتست بايــو (1774-1862) Jean-Baptiste Biot] الضليــع بالعديد من حقول المعرفة والمساهم الجــاد في الإضافة إليها إلى إيمان طفولته الصافي النقي بعد لقائه بقداسة البابا.

كريفز

Dan Graves، (Scientists of Faith، Forty-Eight Biographies of Historic Scientists and Their Christian Faith.

من كتاب (إيمان العلماء والسيرة الذاتية لثمانية وأربعين عالما وقصة إيمانهم المسيحي).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

[جــين – بابتست بايــو (1774-1862) Jean-Baptiste Biot] و [فيلكس سافار (1791-1841) Felix Savart] عالمــان فيزيائيان شهــيران، وضعا قانون (بايو وسافار) لتصرف الحقول المغناطيسية بجوار الموصلات.

لقــد تمكن العــالم الكيميائــي والفيزيائــي الدنماركــي [هانــز كرستيان اورستــد (1777-1851) Hans Christian Orsted] في عــام (1819) مــن اكتشــاف حقيقة حيود إبــرة البوصلة المغناطيسية حين وضعها بالقرب من سلك معدني أثناء إمراره التيار الكهربائي خلالــه. وبعد ذلك بفترة قصيرة تمكن العالمان الفرنسيان (جــين – بابتست بايو) و(فيلكس سافــار) من تسجيل ملاحظتهما القائلة بتولد قــوة مغناطيسية يسلطها أي موصل معدني يمر به تيار منتظم على أي مغناطيس يوضع جنبه. وبعد القيام بالعديد من التجارب تمكن الاثنان من التوصل إلى وضع صيغة المعادلة التي تعيّن مقدار شدة الفيض في الحقل المغناطيسي في أية نقطة في الفضاء المحيط بسلك معدني يمر خلاله التيار الكهربائي المنتظم الموجد لذلك الحقل.

وبناء على معادلتهما تلك وما توصلا إليه فإن مقدار شدة الفيض المغناطيسي المتولد في أية نقطة حول السلك الناقل للتيار الكهربائي المنتظم تتناسب عكسيا مع مربع المسافة الفاصلة بينهما.

ولــد (جين – بابتســت بايو) لعائلة ميسورة الحال في باريس، والــده أحد رجال الأعمال الذي بذل ما في وسعه لتوجيه ميول ودراسة ولده لدخول عالم الأعمال والتجــارة، فجلــب

لــه العديـد من المدرسين الخصوصيين ودأب علـى توجيهه للاستزادة من حصص الرياضيات الإضافية في طفولته وشبابه. ولكن ما حدث (لبايو) كان نفس ما حدث للرياضي اللامع [دانيال برنولي (1782-1700 Daniel Bernoulli].

(انظر مدخل (**قانون برنولي لديناميكية الموائع**) في الجزء الثالث من هذا الكتاب) – فقد تمرد على إرادة والده ورغبته في اتخاذ سلك الأعمال والتجارة منحىً له في حياته.

لقد كانت حياة (بايو) التعليمية والعملية حافلة حقا، فبعد إكماله لتعليمه في كلية (لويس العظيم)، انضم إلى وحدات الجيش الفرنسي الذي تركه بعد فترة خدمة قصيرة أداها ضمن سلاح المدفعية. وبعد أن أنهى خدمته العسكرية التحق بالمدرسة العليا (للبولي تكنيك) في باريس، سُجن بعدها ولفترة وجيزة لمشاركته ضمن إحدى حركات التمرد ضد الحكومة وسارع بعد إطلاق سراحه للالتحاق بالمدرسة المركزية في (بيوفاز – Beauvais) كأستاذ للرياضيات. وفي نفس عام دخوله إلى سلك الأستاذية والتدريس في سنة (1797)، تقدم للزواج من الفاتنة ذات الستة عشر ربيعاً (انتونيا برايسن – Antonia Brisson) والتي أحبها وأحبته وطفق يُعلمها أصول الحساب وثوابت العلوم (إضافة إلى خوافي الحب وأسرار الهيام بالطبع!). ترقى بعد ثلاث سنوات من ذلك التاريخ حتى تسنم منصب الأستاذية في الفيزياء الرياضية في الكلية الفرنسية (La College de France).

اشتهر في مناقشاته وإصراره على حقيقة منشأ النيازك ومصدرها وجاهد في ذلك جهاداً كبيراً حتى تمكن من إقناع علماء ذاك الزمان إثر نشر ورقته الشهيرة في عام (1803)، والتي شملت تقريراً مفصلا ضافيا وافيا أثبت لهم فيها سقوطها من السماء، وقد كانوا قبل ذلك يتطيرون منها ولم يكن أحد منهم يحسب تلك الفكرة إلا ضربا من الشعوذة والخرافة والأساطير. وفي تلك الفترة كتب رئيس الولايات المتحدة (الثالث) آنذاك [توماس جيفرسن 1826-1743) Thomas Jefferson] رسالته الشهيرة إلى عالم الطبيعيات الأمريكي (اندرو اليوت – Andrew Elliot) يقول له فيها ما يُظهر شكه بما جاء به (بايو):

((لقد دفعت دفقة الخيال بذاك (الفرنسي) إلى فقدانه لاتزانه وحكمته، لقد جسد له

خياله شيئاً لم ولا يمكن تصور حدوثه، لقد بلغ به اقتناعه الشديد وإيمانه العميق بما أنجز أن يقوله على الملأ بملء فيه وبجسارة وثقة منقطعتي النظير... أعتقد جازماً بأن كافة المشاهدات الطبيعية والتي توثقها العقول وتعمقها الخبرات لابد وأن توضع في كفة الميزان لقياس رجاحتها بالمقارنة بشهادة من قالها وبمقدار شعوره بالمسؤولية واحتمالية الخطأ وخداع الحواس، إضافة أي ميول سابقة له للكذب والرياء في الكفة الأخرى قبل قبول آرائه وتبني ما جاء به)).

أبحر (بايو) في عام (1804) مع زميله الكيميائي الفرنسي [جوزيف كاي – لوساك Joseph Gay – Lussac (1778–1850] على متن أول رحلة في منطاد، اصطحبا خلالها الكثير من الآلات والأجهزة العلمية والتي أعانتهما على إنجاز العديد مما خططا على إنجازه من التجارب. ارتفع الرجلان إلى ما يقارب الـ (13000 قدماً) وتأكد لهما من تجاربهما التي أنجزاها خلال تلك الرحلة، وعلى ذلك الارتفاع الشاهق بعدم تأثر المجال المغناطيسي الأرضي تأثراً يذكر بمثل تلك الارتفاعات الممكن تسنمها بواسطة المناطيد. وعمل الرجلان كذلك على جمع الكثير من المعلومات الخاصة بالتراكيب الكيميائية لطبقات الجو العليا وعلى مختلف الارتفاعات.

شملت تجاربه العديد من أوجه حقول الضوء وخصائصه، فقد تمكن في عام (1835) من إثبات قابلية المحاليل السكرية على إدارة مستويات الضوء المارة خلالها (أي استقطابها) كما أثبت أن لزاوية الدوران تلك علاقة طردية مباشرة مع مقدار تركيز المادة المذابة وهكذا تمكن من وضع استنتاجه القائل بإمكانية استنباط مقدار تركيز السكر في محلول بمجرد قياس درجة استقطاب الضوء المار خلاله، هذا كما تمكن من البرهنة على أن اتجاه استقطاب الضوء المار خلال المواد العضوية المختلفة كونه باتجاه أو بعكس اتجاه عقارب الساعة ليَعتمد اعتماداً أساسياً على مواصفات (المحور الضوئي – Optical Axis) لتلك المواد.

لقد شمل إبداع (بايو) ومساهماته العديدة من حقول المعرفة، كما أدلى بدلوه في الكثير من مناحي العلوم، وشارك في تقدم أخرى حتى بلغت قائمة طويلة ضمت الرياضيات التطبيقية

وعلوم الفلك والمطاوعة والكهربائية والمغناطيسية وعلوم البصريات والتعدين كما تمكن في عام (1847) من اكتشاف الصفات الضوئية والبصرية الفريدة لمادة (الميكا – Mica) وتُمِّنتْ جهوده وبحوثه في مجالات تلك المادة الخضراء بإطلاق اسمه على خامها ذي التركيب الكيميائي المعقد [$K_2 (Mg، Fe، Al)_6، (Si، Al)_8 O_{20} (H_2O)_4$].

لقد كان صاحبنا مؤلفا معطاء كثير الإنتاج غزير الأفكار، فقد عُرف عن (بايو) ابتكاره لأكثر من (250) عملاً شمل مختلف حقول المعرفة والمواضيع العلمية قبل وفاته عن عمر ناهز الثمانية والثمانين عاماً، ولعل أشهرها على الإطلاق كان ما نشره حول (الطروحات الأولية في مجالات الفيزياء الفلكية) وذلك في عام (1805).

شملت اهتمامات (بايو) وأبحاثه العديد الجم من مواضيع العلوم وحقولها، ولا يسعنا هنا إلا أن ندرج أمثالا مختارة، وننظر إلى أزهار منتقاة من أطياف اهتماماته وأعماله وإنجازاته المتخصصة... ومن بين الغزير المنشور من أبحاثه:

- كتب السيرة الشخصية لحياة (اسحاق نيوتن).
- درس خاصتي الانكسار والاستقطاب للضوء والصوت.
- درس ظاهرة السراب.
- قام بإجراء دراسة مقارنة بين خامي (الاراكونايت – Aragonite)[1] المعيني و (الكالسايت – Calcite)[2] سداسي الرؤوس.
- قام بتعيين دوائر وخطوط الزوال (Meridian) لمدينة باريس.
- درس تراكيب ومكونات الهواء المتضمن في أغشية سباحة (أي جُعب غطس) الأسماك

(1) Aragonite– إحدى خامات جذر الكربونات $(CO_3)^{-2}$ وثاني مركب (متعدد الأشكال – Polymorphs) لكربونات الكلسيوم (Ca CO3) إضافة إلى خام (الكالسايت – Calcite) ويختلف عنه بشكله البلوري. تمتاز بلورته بأشكالها الإبرية المزدوجة والتي تعطي الانطباع بأنها بلورات شبه سداسية. وقد يوجد منها خامة على أشكال إبرية أو نسيجية أو أحيانا متفرعة (المترجم).

(2) Calcite – إحدى أهم مركبات مادة الكربونات (CaCO3) الكلسية وأكثرها تنوعاً في الشكل شيوعاً وتكون مع الـ (Aragonite) و (Vaterite) أهم أنواع كربونات الكالسيوم شيوعاً في القشرة الأرضية وفي البحار وقد لا يكتسب بعض منها شكلا بلورياً. (المترجم).

التي تعيش على سواحل (ابيزا – Ibiza) وجزر (الفورمنتيرا – Formentera).

- درس أسلوب انتقال الحرارة في القضبان المعدنية وطرق تمدد السوائل.
- استطـاع في عـام (1818) اشتقاق ما يسمى اليوم بـ (قانـون بايو لامتصاص الضوء) والـذي بيّن اعتماد درجة شدة ضياء الشمس على مقدار سمك الغلاف الجوي ويمكن كتابة القانون على الشكل التالي:

$$I' = Ie^{-kt}$$

حيث يمثل I – شدة إشعاع الشمس الساقط.

و I' – شدة إشعاع الشمس النافذ خلال و t – من مقدار سمك الغلاف الجوي.

و e – عدد يولر (Euler's Number)[1]

و k – معامل الامتصاص.

- وضـع قانون بايو للانتشـار الدائـري (Biot's Law of Rotary Dispersion) والذي يكتب رياضياً على الشكل التالي:

$$\alpha - k/\lambda^2$$

حيث يمثل α – مقدار زاوية دوران الضوء المستقطب.

و λ – مقدار طوله الموجي.

و k – ثابت التناسب.

(1) Euler's Number – عـدد لا اتجاهـي يستعمـل في حسابات جريان الموائع ويعبر عن العلاقة بـين هبوط الضغط في نقطة معينة على مسار مائع ما ومقدار طاقته الحركية بالنسبة لحجمه، ويستخدم لحساب مقدار الفقدان في (طاقة) الانسياب. يبلغ مقدار انسيابية سائل عديم الاحتكاك تماما عدد اولر بقيمة = 1 (واحد صحيح) ويعبر عنه رياضياً كما يلي:

$$Eu = \frac{p(Upstream) - p(Downstream)}{\rho V^2}$$

حيث يمثل E_u – عدد يولر

و ρ – مقدار كثافة السائل

و V – مقدار إزاحة انسيابيته

p(Upstream) – مقدار ضغط السائل في أعلى مكان.

p(Downstream) – مقدار ضغط السائل في أوطأ مكان.(المترجم).

وكمثـال على ذلك يمكننا ذكر أن مقـدار إدارة زاوية استقطاب الضـوء الناتجة بعد إمراره ضمن طبقة من مادة (الكوارتز – Quartz) سينقص تدريجياً كلما تغير لون الضوء المستعمل من الأرجواني إلى اللون الأحمر.

ذكـر الرياضـي وعالـم الحاسوب الإنكليزي المرموق [شارل باباك Charles Babbage 1791–1871] الشيء الكثير عن دماثة خلق (بايو) وسعة صدره وتواضعه، وحتى في أحرج ساعات مرضه ما ثبّته في كتابه الموسوم: (رسائل وعظات من حياة فيلسوف) والذي جاء بـه:

((حدث في أواخر أيام (السيد بايو) أن قمت بزيارة لمدينة باريس، وقد ذهبت كالعادة – وحال وصولي إلى الكلية الفرنسية– للاستفسار عن صحة وأحوال (المسيو بايو) من خادمه الذي كان حزينا لسوء حالة سيده، وبعدها التمسته واستفسرت فيما إذا كانت حالته الصـحية ستسمح له باستقبال صـديق قديم جاء لإعادته. هُرع (بايو) بنفسه إلى الباب الذي أقف عنده – والظاهر أنه كان قد اسـتمع إلى الجزء الأخير من طلبي الذي التمسته من الخادم – فهتف بوجه متهلل سعيد: (نعم يا عزيزي وياصديقي الكريم: نعم سأكون سعيداً جداً باستقبالك حتى ولو كنت أحتضر على فراش الموت!)).

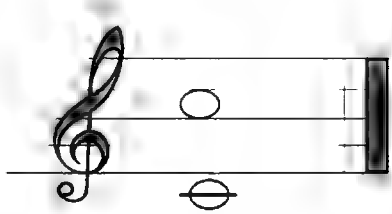
سميت إحدى فوهات القمر والبالغ قطرها (12 كيلومتراً) باسمه تخليداً لذكراه، وقد تمت المصادقة على هذه التسمية وبورك ذاك التكريم من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالمية في عام (1935).

ولد (فيلكس سافار – Felix Savart) في مدينة (مزيرية – Mezieres) بفرنسا، ولم يكد يشب حتى انبرى لدراسة الطب وتخصص به، ولما لم يكن يزوره الكثير من المرضى، فقد شغل أوقاته بإجراء التجارب على آلة الكمان وأُعجب بها، ونذر نفسه ووقته لدراسة ظواهر الصدى في الهواء وأصوات الطيور وخصائص الأجسام المتذبذبة. عمد – كأحد أهدافه الأساسية – إلى تقوية أصوات آلة الكمان الموسيقية وعمل على إنتاج آلات موسيقية أعلى صوتاً يمكن سماعها وتميزها ضمن الفرق الأوركسترالية الكبيرة وفي الصالات الموسيقية الضخمة.

مارس التدريس في الكليـة الفرنسية ابتداءً مـن عام (1828) وقام بالعديـد من الأعمال

والاكتشافات العلمية، فبالإضافة إلى أعماله المشتركة مع صديقه (بايو) في نطاق الحقول المغناطيسية، فقد عمل جاهداً لتخليد اسمه في عالم علوم الأصوات (Acoustics) وفعلا قام بالعديد من التجارب فيه، وسجل العديد من المشاهدات والملاحظات المهمة مثل تجاربه على الكمان وأصواته، واختراعه للكمان (fiddle) معيني الشكل وابتكاره لما عُرف (بقرص سافار – Savart Disc)، وهو عبارة عن عجلة مسننة دوارة تصدر أمواجاً صوتيةً بذبذبة معلومة، واخترع كذلك (قدح سافار – Savart Cup) وهو آلة مشابهة تكتسب ذبذبتها بواسطة قوس الكمان وتصدر صوتاً معيناً بنغمة خاصة.

أُطلق اسمه على إحدى وحدات القياس الموسيقية تخليداً لذكراه واعترافاً بأفضاله. وتعرّف اليوم (وحدة السافار الموسيقية) بأنها نسبة الذبذبات الفاصلة بين مختلف النغمات فعلى سبيل المثال يوجد (301 سافاراً) في الاوكتاف الموسيقي[1] الواحد. وإذا ما وصفت نغمة ما بأنها أعلى من التي تسبقها بسافارٍ واحدٍ فهذا سيعني بأن النغمة العليا ستتضمن ذبذبة تفوق ذبذبة النغمة التي قبلها بما يساوي [2 مرفوعة الى القوة 301/1، أي ($2^{1/301}$)] مرة عدد ذبذبات النغمة السابقة.



(1) Musical Octave – وهي الفسحة الزمنية الفاصلة بين ذبذبتين موسيقيتين بنصف أو بضعف الذبذبة، وهي ظاهرة طبيعية تسمى بمعجزة الموسيقى الأساسية وتستعمل لكتابة نوتات معظم الآلات الموسيقية، وهناك اوكتاف أعلى (8va) وأوطأ (8vb) كما يسمى بالكامل (P8) – كما يوجد الكامل (الربع) والكامل (الخمس) ويكتبان هكذا (P4) و (P5)، ويرسم الأوكتاف الكامل موسيقياً كما يلي:



(المترجم).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Babbage, Charles, *Passages from the Life of a Philosopher* (New Brunswick, N.J.: Rutgers University Press, 1994).

Bueche, Frederick, *Introduction to Physics for Scientists and Engineers* (New York: McGraw-Hill, 1975).

Consolmagno, Guy, and Martha Schaefer, *Worlds Apart: A Textbook in Planetary Sciences* (Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1994).

Crosland, Maurice P., "Jean-Baptiste Biot," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Dostrovsky, Sigalia, "Félix Savart," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Graves, Dan, *Scientists of Faith: Forty-Eight Biographies of Historic Scientists and Their Christian Faith* (Grand Rapids, Mich.: Kregel Publications, 1996).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• يتضـمن قالب حلولنا لمشـاكل الحث انصـياعنا للقوانين الطبيعية المعترف بها والموجودة فعلا. لا يعني اعتبارنا لهذه القوانين احترامنا لها فقط لدقتها ونظامها في تفسير تصرف الأشياء (مهما كان الزمان والمكان الذي يتم فيه اختبارها) وحسـب، وإنما لحاجتنا لها كضرورة كونية لامناص لنا عنها. لا جرم في ذلـك، وخير ما يعبر عن تلكـم القوانين الكونية وغيرها هو إمكانياتها التامـة وقابليتها الموثقة على التنبؤ بتصرف الأشياء والأجرام بصورة منتظمة ممكنة الاستيعاب.

فوستر

John Foster، (The Divine Lawmaker، Lectures on

Induction Laws of Nature and the Existence of God).

مقتطـف مـن كتابه الرائع، (المبتكـر المقدس لقوانين الكون، محاضـرات في الحث الكهربائي وقوانين الطبيعة وتأكيد وجود الخالق (جل وعلا).

• تتشـابه الكثير من فصـول تاريخ العلوم مع مثيلاتها من فصول تاريخ الدين بكون الاثنين يعبران حقيقة عن تاريخ السـلطة والمال. ولكن هل لي أن أذكر خروقا لتلك القاعدة؟ وهل لي أن أصـفها بالقصة الناقصـة في التاريخ؟ بل هل من شـواذ لتلك القاعدة؟.... أجل فهناك العديد من (القديسـين الصـالحين المصـلحين) والذين توفرت لهم فرصـة لعب الدور الرئيس ضمن سياقي الدين والعلم وذلك بتجردهم

عن شهوتي السلطة والمال واستمرارهم في الصبر والتضحية والجهاد والعمل والبحث، هاديهم الوحيد وهدفهم الأسمى هو التقاط ذلك القبس المقدس وتلك اللحظة العابرة التي يتمكنون من خلالها وبواسطتها فهم وتذوق لمسة الجمال الغامرة التي تلف الكون.

دايسن

Freeman Dyson، introduction to John Cornwell's.

(Nature's Imagination، The Frontiers of Scientific Vision)

من مقدمته لكتاب (التصورات الطبيعية: مشارف المنظور العلمي).

• نتمتع - ومع الأسف الشديد - بمقدرة فذه ورغبة جامحة على اختصار كافة الاختراعات والإنجازات العظيمة في تاريخ البشرية إلى قائمة مبسطة من الأسماء والتواريخ والأرقام الإحصائية التافهة الأخرى. أناشد الجميع بتوخي الدقة في التعبير وابتغاء العمق في التحليل واستهداف الحكمة في الدراسة، عند ذلك فقط ستتمكن من إدراك عمق وثراء الكون الذي نعيش فيه وعظمة وتفاصيل وتنوع البيئة التي تحيط بنا. لا يكفي أن نتمسك بالأفكار فقط - على أهميتها - وإنما علينا أن ننظر بعيون رؤوسنا وعيون أذهاننا وضمائرنا أعمق إلى ما أحاط بالفكرة من سياق وما لفّ مولدها من أحداث وما مكن صاحبها من تجسيدها كحقيقة ملموسة فعلا.

هشت

Jeff Hecht، (More Than the Sum of Their Parts)، New Scientist، August 12، 2006.

من مقالته المنشورة بعنوان (الكل يساوي أكثر من مجرد مجموع أجزائه).

• لا شك أن ما يدفعنا إلى حقيقة توخي الدقة وابتغاء البساطة في اختيار وابتكار كافة قوانيننا الوضعية للطبيعة هو ذلك الشغف الأزلي بذاك الجمال السرمدي للكون، والنابع من تناغمه وتآلف كافة مكوناته ومكنوناته مع بعضها البعض. إن حقيقة ما يجسد الهدف الأسمى من سعينا وراء (الحقيقة)، ليس الحقائق النسبية التي نوجدها أو نبتكرها فحسب، وإنما هي بمدى إدراكنا وبمقدار تفهمنا لتناغم علاقاتها مع بقية موجودات الكون ذاته، وتناسقها مع عجائب مكنوناته.

برسك

Robert M. Pirsig، Zenard the Art of Motorcycle Maiutenance.

مقتطف من كتابه: (زين وفن صيانة الدراجات).

قانون فورييه للتوصيل الحراري

FOURIER'S LAW OF HEAT CONDUCTION

π ❋ فرنسا 1822:

يتناسب معدل سرعة الانسياب الحراري بين نقطتين في مادة طرديا مع الفرق بين درجتي حرارتيهما وعكسيا مع المسافة الفاصلة بينهما.

محاور ذوات علاقة:

رينية دسكارتيه (RENE DESCARTES)، واللورد كلفن (LORD KELVIN)، ونيكول دو كاريتيه كوندورسيه (NICOLAS DE CARITAT CONDORCET)، وانتوني لافوازييه (ANTOINE LAVOISIER)، واوليفر هفي سايد (OLIVER HEAVISIDE).

من أحداث عام 1822:

- أعلن عالم المصريات الشهير الفرنسي (جين - فرانسوا شامبليو - - Jean Francois Champollion) ولأول مرة نجاحه في فك رموز اللغة (الهيروغليفية) المصرية القديمة وذلك من خلال استعماله بما عرف بحجر رشيد (Rosetta Stone)[1]

- اقترح الرياضي والمهندس الميكانيكي الإنكليزي (شارل باباك - Charles Babbage) ولأول مرة في التاريخ الحديث بناء آلة تفاضلية أسماها - الآلة الحاسبة الرقمية - مختصة الأغراض. وكان قد حضّر لإنجازها ما ينيف على (25000) قطعة، ولكن رغم كل جهوده وإصراره، فشل بعد حين في بنائها.

(1) Rosetta Stone - هو حجر (رشيد) الذي اكتشفته حملة نابليون على مصر في عام 1799، والذي ساهم بدرجة كبيرة على حل وفهم ألغاز الكتابة (الهيروغليفية) المصرية القديمة بعد أن فك رموزه كل من العالم الإنكليزي (توماس يونك - Thomas Young) و عالم الآثار الفرنسي (جين - فرانسوا شامبليو - Jean - Francois Champillion) في عام 1822. والحجر عبارة عن مسلة يعود تاريخها إلى العهد (البطليسي القديم Ptolemaic Era -) وقد نحت عليها نصا بثلاث لغات مختلفة هي لغتين مصريتين قديمتين - الهيروغلوفية القديمة ولغة الديموتك - Demotic واللغة الإغريقية الكلاسيكية، نحتت تلك المسلة في حوالي العام (196) قبل الميلاد، وتستقر الآن (كغيرها من تحفنا) في المتحف البريطاني. (المترجم).

نص القانون وشرحه:

لاشك بأن الجميع قد لاحظ ارتفاع درجة حرارة الطرف المرئي من الملعقة الصغيرة المغمورة في قدح شاي ساخن. تضمنت هذه الملاحظة البسيطة انتقال كمية من الحرارة من طرف الملعقة الساخن إلى طرفها البارد بواسطة تبادل جزيئاتها في الطرف الأول لكميات من طاقتها الحركية والاهتزازية شيئا فشيئا خلال كامل طولها إلى طرفها الثاني بواسطة الحركة العشوائية لتلك الجزيئات. تنتقل الطاقة الحرارية دائما من الشاي الساخن إلى طرف الملعقة المغمور فيه وإلى طرفها الآخر، (أي من مجال درجة الحرارة المرتفعة إلى مجالها المنخفض) بواسطة عملية تسمى (بالتوصيل – Conduction).

يهتم قانون (فورييه) للتوصيل الحراري ويفسر طريقة انتقال الحرارة خلال المواد المختلفة، وينص على **تناسب انتقال فيض الطاقة الحرارية (أو جريانها خلال وحدة المساحة وروحدة الزمن) مع منسوب الفرق في درجات الحرارة**. ويمكن كتابته على الشكل التالي:

$$Q = -KA\frac{\Delta T}{\Delta x}$$

حيث تمثل Q – هو مقدار الفيض الحراري ويعني مقدار انسيابية الحرارة في المواد (المختلفة) ضمن وحدة مساحتها وخلال الوحدة الزمنية المعلومة.

و K – ثابت التوصيل والذي يعتمد أساسا على طبيعة ونوعية المادة الموصلة المستخدمة قيد الدرس ودرجة حرارتها.

وA – مقطع المساحة السطحية المتوفرة لانتقال الحرارة.

و Δx – مقدار سمك المادة التي على الحرارة الانتقال خلالها.

و ΔT – مقدار الفرق في درجة الحرارة والتي على (الحرارة) الانتقال ضمن حديها.

أما العلامة السالبة الموضوعة أمام الحد الأيمن من المعادلة فتعني انسياب دفق الحرارة باتجاه الدرجة المتدنية.

لاحظ هنا أنه برغم ظهور معادلة انتقال وتوصيل الحرارة السابقة وكأنها تُعبر عن فعلها ضمن نطاق بعد واحد، إلا أن لها قابلية التعميم والتطبيق على حالات الأجسام ثلاثية الأبعاد إذا ما

تذكرنا تصور أسلوب انتقال الحرارة وانسيابها كقيمة اتجاهية تتدفق على ثلاث محاور هي السيني والصـــادي والعيني (س، ص، ع). علما بأن تطبيقات هذا القانون غالبا ما تشمل أجساما على شكل صفائح من المواد، أو كميات من السوائل أو أطوال من أسلاك معزولة كهربائيا.

ولفهم ما سبق ولإدراك ما سيلي دعني أسوق لك المثال البين التالي:

لنفترض وجود قطعة قضيب معدنية معزولة طولها (AB)، تمثل (A) إحدى نهايتيها، و (B) الأخرى، والآن فإن معدل جريان (أو انتقال أو انسياب) الطاقة، والتي يمكن اعتبارها كشكل من أشكال التيار الحراري (Heat Current)، سيتناسب طرديا مع مقدار الفرق بين درجتي حرارة (A) و (B)، وعكسيا مع المسافة الفاصلة بينهما. وبعبارة أوضح فإن (الفيض الحراري) موضع البحث سيتضاعف بتضاعف مقدار الفرق بين درجتي حرارة النهايتين (A) و (B) أو بانقاص طول القضيب (AB) إلى النصف.

والآن إذا ما افترضنا تمثيل الحرف (U) لقيمة توصيل مادة ذلك القضيب، أي مقدار قابليتها وكفاءتها للتوصيل الحراري، فسنستطيع كتابة العلاقة التالية:

$$U = \frac{K}{\Delta x}$$

وعندها سنتمكن من إعادة صياغة (قانون فورييه) وعلى الشكل التالي:

$$Q = -UA\Delta T.$$

غالبا ما يزدوج امتلاك مادة ما لقيمة توصيل حرارية عالية مع امتلاكها لقيمة توصيل كهربائية عالية، وتعتبر الفلزات من خير المواد الموصلة للحرارة. يشذ (الماس) عن تلك الخاصية، فهو يمتلك قابلية توصيل عالية جدا للحرارة تصاحبها قابلية متدنية جدا للتوصيل الكهربائي. يحتل الماس مركز الصدارة في مقدار قابليته الفائقة في توصيل الحرارة يليه في ذلك وعلى سلم الموصلات الممتازة لها حسب ترتيب الأفضلية، كل من: أنابيب الكربون النانوية[1] ثم عنصر

(1) Carbon Nano - Tubes: هي عبارة عن صفائح ترتبط خلالها ذرات الكربون ببعضها البعض بأواصر أربعة متساوية في الموقع والاتجاه والقوة. وبالإمكان ليّها كي تتخذ أشكالا مختلفة وتعتبر مادة شبه موصلة يمكن تحوير تركيبها قليلا الحصول على مواد شبه موصلة ممتازة. تعتبر الخطوة الجديدة لتقنية كافة صناعاتها. (المترجم).

فلـز الفضة يليه النحاس ثم الذهب. ومن الأمثلة الملموسة الشائعة للموصلات الضعيفة جدا في توصيل الحرارة يأتي الخشب والزجاج والماء وحتى الهواء.

تمكن القابلية العالية للتوصيـل الحراري التي يتمتع بها الماس الحقيقي الخبراء – وباستعمال بعض الأجهزة البسيطة نسبيا – من اكتشاف الحقيقي منـه وتفريقه عن المقلد. هذا ويوجد فحص لا منهجـي وغير رسمي – إلا أنـه متبع أحيانا بين تجار الماس المبتدئين – وهو الذي يطلق عليه اسم الفحص بالنفس (Breath Test)، أما المبدأ الذي يستند عليه هذا الفحص فهو أيضا صفة التوصيـل الفائقة للماس للحرارة والتي تفوق أي مادة معروفة. يظهر (الماس الحقيقـي) دائم الـبرودة لأصابع اليد التـي تتحسسه، وهذا ما يجعل البخـار المنطلق من فم (الفاحص) تجاه قطعة منـه يتبخر عن سطحها بسرعـة آنية تفوق مثيلاتهـا المقلدات ويعود السبب العلمي لذلك إلى قابلية الماس الحقيقي الفائقة في تحويل وتوصيل حرارته إلى بخار الماء المتكثف على سطح قطعة منه فسرعان ما يختفي.

وكتصـور خيـالي (على الأقـل في الوقت الراهن، فـلا نعلم ماذا سيكسـب العلم غدا!!) وبسبـب قابلية (الماس) الهائلـة على التوصيل الحراري فلا من مسـوغ (علمي) يمنع اعتباره واستعمالـه لصناعة الرقائق الإلكترونية وذلك لأن خاصيتـه تلك ستساعد حتما على تبديد الحـرارة الناشئة من تشغيل تلك الرقائق. وإذا ما أيقنا ضرورة وأهمية وسرعة اتجاه الصناعات الإلكترونية عموما إلى التصغير والتصغير في كل شيء فان في إيجاد مادة أولية لصناعة الأجزاء الدقيقـة المتقاربة جدا، لها قابلية تبديـد الحرارة بتلك الكفاءة العالية التـي يتمتع بها (الماس) ستكون حلما عظيما بعيد المنال سيمكن تحقيقه، وذلك لأن مشاكل التسريب الحراري ومنع رفـع درجة حرارة الأجزاء الدقيقة جدا والتي تؤدي إلى تلفها الأكيد وبسرعة تكتسب أهمية بالغـة كلما أمعنـا في تصغير الدوائر الإلكترونيـة إلى المستويات الميكرويـة والنانونية. وكما ذكرت سابقا فإن هذا التصور لا يتعدى كونه تصورا خياليا بحتا (في الوقت الحاضر) بالنظر لارتفاع ثمن الماس والذي خير له أن يزين جيد مها مليحة حسناء، من أن يطمر ما بين أسلاك دقيقـة كأداء وذبذبات مبهمة صمـاء (في غياهب مكعب إلكتروني منسي داخل جهاز قد لا

يعـرف حتى اسمه إلا ما لا ينيف عن عدد أصابـع اليد الواحدة من عواجيز العلم أو معقدي التكنولوجيا والرياضيات!).

لا يـزال بعض العلماء واختصاصي المـواد وتكنولوجياتها يراهنون على إمكانية حل بعض التحديـات في مجال التصنيع وتقنية علوم المواد كي يتمكنوا من استخدام (الماس) كأحسن ما وضـع الإنسان يده عليه من مواد شبه موصلة وذلك سيعود للكثير من الأسباب ؛ منها قابلية اشتغـال ترانزستوراته في ظروف ومجالات حرارية لا يمكـن لأي مادة أولية أخرى الاشتغال ضمنها، إضافـة إلى تحمل المعالجات الإلكترونية المصنوعة من (الماس) ظروف اشتغال صعبة جدا وبكفاءة فائقة ضمن أطياف واسعة من ذبذبات التشغيل، إضافة إلى تمكنها التام من تبريد ذاتها بذاتها بسرعات تفوق بمرات ومرات قابلية الرقائق الاعتيادية المصنوعة من المواد الحالية. وكمثال واحد على كفاءة رقائق (الماس) ومدى تحملها لظروف اشتغال استثنائية، فقد وُجد أن للترانزستـورات الماسية التجريبية قابلية تحمل ذبذبات تفـوق (81 كيكاهرتز). ولإدراك ضخامـة هذا العدد وأهمية تلـك الصفة، لك أن تعلم أن نطاق تشغيل حاسبك الشخصي لا يتعدى (وحتى نهاية 2008، تاريخ طبع هذا الكتاب) تحمل وحدة معالجته لما يزيد عن ذبذبـة تتراوح ما بين (2 الى 3 كيكاهرتز) لا غير!

وعلى سبيل المقارنة فإن لرقائق السلكون المستخدمة حاليا في صناعة المعالجات الإلكترونية مشاكل حرارية قاتلة متى بلغت درجة حرارتها (أو درجة حرارة محيطها) ما يقارب الـ(100 درجـة مئوية) أو بحدود ذلك، أما المنتجات الماسية فلها إمكانيات تحمل حرارية تفوق الرقم المذكـور بعدة أضعاف دون أية مشاكل تذكـر. هذا وبالإمكان تحويل الماس العازل التوصيل للكهربائيـة إلى شبـه موصل (وهي المـادة الأساس لصناعة الترانزستـورات الإلكترونية على اختلاف أنواعها) بإضافة كمية قليلة جدا من عنصر البورون (Br) اليه، تعمل في داخل كيانه البلوري كمادة شائبة.

إن لاستخدامات (قانون فورييه) اليوم مجالات واسعة متعددة ذوات أهمية فائقة إليك مثالا واحدا عليها ؛ وهو باستخدامه لدراسة وحساب قيم وكميات (فيض حرارة التربة) وذاك هو

حقل البحث الخاص بالعلماء المهتمين بمعرفة أسلوب توازن الطاقة ضمن نطاق سطح الأرض.

استخدم الفيزيائي الشهير الأيرلندي الولادة والسكوتلندي المقام [وليم تومسن William Thomson (1824–1907] والذي غالباً ما يعرف باسم (اللورد كلفن – Lord Kelvin] وهو صاحب درجات الحرارة المطلقة، (قانون فورييه للتوصيل الحراري) لتحديد عمر كوكبنا (الأرض)، والذي قدره بحدود ما بين (20 إلى 400) مليون سنة وهي الفترة الزمنية اللازمة كي تبرد الأرض وتصل إلى درجة حرارة سطحها الحالية بعد انفصالها عن الشمس التي ماثلتها بدرجة حرارتها آنئذ. ولكن رغم جسارة وألمعية مثل تلك المحاولة، إلا أننا نعلم اليوم – وعلى وجه اليقين – أنه قد أخطأ بحساباته كما أخطأ بفرضياته وأن أرضا (فتية) كالتي اقترح عمرها (اللورد كالفن) لم تكن لتمتلك الوقت الكافي لإتمام تحولات التطور والارتقاء التي أدت إلى نشوء ما عليها من أحياء ونباتات (هذا إذا آمنت أصلا بصدق تلك النظرية!!). يعود خطأ (كلفن) بفرضياته وحساباته حسب مفهومنا اليوم لعدم إدراكه وجود الفعالية الانشطارية الشعاعية للمواد والعناصر المشعة والتي تزود الأرض بنظام تسخين داخلي ذاتي (هائل التأثير)... يُبطئ من سرعة تبدد حرارتها إلى الفضاء الخارجي المحيط بها من كل جانب.

في اليوم الثامن والعشرين من شهر نيسان (افريل) من عام (1862)، قدم (اللورد كلفن) مداخلته الخالدة الموسومة **(في سبيل تفسير علمي لظاهرة برودة كوكب الأرض)** والتي كان قد ألقاها أمام المجمع الملكي الأسكتلاندي والتي طُبعت كاملة في عام (1864) ضمن دورية (إنجازات المجمع الملكي الأسكتلاندي) وقد جاء فيها:

((لعل خير ما توصف به نظرية (فورييه) الرياضية المتعلقة بالتوصيل الحراري كونها قطعة رائعة وعمل مدهش اختص بجانب مهم جدا من مجمل الظاهرة الكونية المعروفة باسم (تبدد الطاقة – Dissipation of Euergy)، تلك الخاصية الفريدة والتي تستوجب بلوغ التوازن من قبل أي نظام أو مجموعة أنظمة تعاني أو تحمل في طياتها أي اختلاف في درجات حرارتها. ذلك التوازن الذي لابد وأن يبلغ مرحلة المساواة المطلقة

بغض النظر عن الفترة الزمنية اللازمة لبلوغها. قد تمتد تلك النتيجة الحتمية إلى ما هو غير منظور من اللامتناهي من زمن المستقبل، ولكنها ستنضم حتما إلى توصيفها العلمي بأنها دالة للزمن والذي وإن كان يمتد ويتوسع إلى اللانهاية في المستقبل إلا أنه لابد وأن يعود إلى نقطة بداية معينة محددة لحقبة زمنية قابلة للتحديد.

لقد سبق لي وأن اقترحت إمكانية القيام (وضمن المبادئ والقوانين المقبولة وتطبيقاتها) بمسح حراري أرضي تام سيمكننا - وهذا ما أطرحه اليوم - من تحديد نقطة الشروع لبداية فقدان أرضنا (التي نعيش عليها) لحرارتها الابتدائية عن طريق إشعاعها وتبديدها إلى الفضاء النجمي المحيط بها.

إن الغرض الأساسي لورقتي التي أطرحها عليكم اليوم - سادتي الأفاضل - هو محاولة تقدير وتعيين - ومنذ لحظة اكتساب الأرض لأعلى درجات حرارتها وإلى يومنا الحاضر - التاريخ التقريبي لبداية عملية فقدان الأرض لحرارتها، وهذا التاريخ وبالاستناد إلى (نظرية ليبنتز - Leibnitz's Theory)[1] سيكون الإيذان (بيوم) ميلاد تاريخها الجيولوجي...)).

للفضوليين فقط:

• قد يكون مصدر تسمية الماس (في أسواق الجملة التجارية) مجازا (بالثلج) عائدا إلى حقيقة برودة ملمسه بالنظر لقابلية توصيله الهائلة للحرارة والتي يمتاز بها مهما كان صُغر حجم (الماسة) الحقيقية التي قد نُسعد بلمسها يوما.

(1) هو [كوتفريد فلهلم فون لبنز (1646-1716)- Gottfried Wilhelm Von Leibniz]، فيلسوف ورياضي وعالم موسوعي ألماني كتب باللغتين الألمانية والفرنسية. احتل مكانة مرموقة في تاريخ الفلسفة والرياضيات ويعود إليه فضل ابتكار الحساب التفاضلي اللانهائي (Infinitismal Calculas) بنفسه مستقلا عن نيوتن. كما وضع (النظام الثنائي - Binary System) وهو أصل لغة كل الحواسيب في الوقت الحاضر وهو صاحب الرؤية الفلسفية المتفائلة بكون (خلق كوننا الحالي) هو على خير ما يمكن. (المترجم).

• لقد عرف (فورييه) دائما بسوء قابليته على تنظيم (حرارته الشخصية)، رغم اشتهاره، وعلى نطاق العالم بكونه خير خبير في طرق (تنظيم) وانتقال الحرارة وتوصيلها. لقد كان دائم الإحساس بالبرودة وحتى في أيام قيض الصيف الحارة، الأمر الذي وُصف معه بـ (العُصاب القسري)، فقد كان لا يكتفي بلبس العديد من الألبسة الثقيلة والقلنسوات، وإنما كان دائما ما يُرى حاملا أعدادا إضافية منها كاحتياط!!

• لقد نال التدمير العديد من نصب (فورييه) التكريمية وتماثيله، فاختفت من الوجود. لقد دُمر أحد تماثيله التي صنعها له المثال الفرنسي (بير الفونس فيزار – Pierre-Alphonse Fesard) خلال إحدى غارات الحرب العالمية الثانية على فرنسا، ونُهب تمثال برونزي آخر أقيم لتكريمه في بلدته (اوكزير – Auxerre) من قبل الجيش النازي الذي قام بصهره لصناعة الذخيرة.

• قضى أواخر أيامه حافظا نفسَهُ داخل صندوق أعانه على إسناد جسده الذي لم يعد قادرا على إسناد ذاته.

• كان أول من ابتكر إشارة تكامل الرقمين من ألف لغاية باء على الشكل التالي: $\int_{أ}^{ب}$

أقوال مأثورة:

– إن خير ما يدلك على أخصب حقول الاستكشاف الرياضي لهو دراستك المعمقة وملاحظتك الدقيقة للطبيعة... (ومن غيرها!!).

فورييه

John Morley، (Voltaire)، in Critical Miscellanies، 1872.

مقتطف من كتابه (منوعات حرجة)

– لقد أصاب (فورييه) عالم الرياضيات بصدمة عظيمة عندما توصل ومن خلال تبحره في علوم المثلثات إلى (متناقضة) في إحدى مراحل المساواة ضمن حيز معلوم ما بين بعض التعابير الجبرية والمنتمية إلى أشكال متغايرة. لقد كانت طريقته الرياضية الفذة في التوصل

إلى و(حياكـة) تلك (المتناقضة) من القوة والحبكة الأمر الذي استوجب مرور قرن كامل من الزمـان قبل أن تتمكن المعـادلات التفاضلية غير الخطية من استعادة التـوازن لـ... والثقة في أساليب الفيزياء الرياضية الذي تحداها هو (بأحجيته المتناقضة) تلك.

رافات وكنس

Jerome Ravetz and I. Grattan - Guiness. (Fourier). in Dictionary of Scientific Biogrophy.

في ملخصهما عن (فورييه)، مقتبس من معجم سير العلماء الذاتية.

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولـد الرياضـي الفرنسـي [جين بابتسـت جوزف فورييـه Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830] في مدينة (اوكزير - Auxerre) المطلة على نهر (اليـون - Yonne) والتي عرفت بكاثيدرائيتها القديمة العريقـة. اشتهر فورييه بكونه أحد أعـلام علمـاء (المصريات القديمة) وبتأثـيره العلمي البين على العديد مـن حقول الرياضيات والفيزيـاء وبابتكاره لمعادلته الشهـيرة المعروفة باسمه والمختصة بظاهـرة توصيل الحرارة في المواد الصلبة.

لقـد كان ترتيبه التاسع من بـين اثني عشر طفلا رُزق بهم والده مـن زواجه الثاني. اعتاش والـده (جوزف) من مهنة الخياطة وكان له من الأطفال ما مجموعه خمسة عشر من زيجتين. تـوفي والداه وهو بعمر تسع سنوات فتبنـاه ميتم المدينة الذي كان يديره قساوستها، ولكنهم سرعان ما دفعوا به إلى مدرسة عسكرية يديرها (الرهبان البندكتيون)[1]، وفيها ظهرت موهبته الرياضيـة وازداد شغفـه بها، فقد عُرف عنـه قضاؤه الساعات الطـوال في بهجة وحبور لا يوصفـان وهو يحل المسائل الحسابيـة والمعادلات الرياضية واحدة تلـو الأخرى على ضوء

(1) Benedictine Monks - وهـم أتباع مذهـب ديني ومنحى روحي مسيحي رهبني حسب تعاليم [بندكت (من نورسيا) النورسـي Benedict of Nursia (480-547)] والتي كتبت حوالي القرن السادس الميلادي للرهبان الطليان - وملخصه منح السيـد المسيح عليه السـلام لكافة أتباعه الخلود في النهاية، أعلن قديسا من قبل البابا (هـو نوريوس الثالث - Pope Honorius III) في عام 1220. (المترجم).

الشموع بعد أن يكون الجميع قد أووا إلى فرشهم وأسلموا أجفانهم للذيذ الكرى.

لما بلغ عامه الرابع عشر، كان قد اكمل دراسته للأجزاء الستة من كتاب (دروس في الرياضيات) لمؤلفه الرياضي المرموق [شارل بيزو (1814-1730) Charles Bezout]. ولما بلغ السادسة عشرة من عمره تمكن من اكتشاف البرهان لقاعدة (دسكارتيه – Descartes) لإشارات الأرقام، والتي تنص على ارتباط عدد الجذور الحقيقية الموجبة الموجودة في أي معادلة متعددة الحدود (Polynomial) بعدد مرات تغير إشارات معاملاتها المصاحبة للمجاهيل فيها، [فعلى سبيل المثال وفي عام (1637) كان دسكارتيه قد قال بوجود جذر موجب حقيقي واحد على الأكثر في متعددة الحدود التالية ($x^4 + 9x^3 - 4x^2 - x - 5$)] وسرعان ما قُبلت وانتشرت طريقة إثبات (المراهق فوربيه) وأصبحت الطريقة النموذجية لذلك. وقد تمكن كذلك من تعميم قاعدة (دسكارتيه) التي تستعمل لتقدير عدد الجذور الحقيقية الموجودة ضمن عدد محدد من الحدود.

حاول قبل بلوغه سن العشرين الالتحاق بالسلك الكهنوتي وبدأ بالتدرب على ذلك، إلا أن الرياضيات كانت قد سلبت له لبه، فهام بها (ولا يجتمع حُبّان في سلك الرهبنة كما تعلمون)، وحينها كانت قد بدأت تختمر لديه الفكرة الجدية لمحاولة اضافة ما هو جديد ومبتكر بالفعل للمنظومة الرياضية الحصيفة، حتى بلغ به الأمر محاولة تشبيه نفسه بالعظماء ومحاولة السير على خطاهم والحذو حذوهم لبلوغ ما بلغوه، فقد كتب لأحد أساتذته يوما يقول:

((لقد احتفلت يوم أمس بعيد ميلادي الحادي والعشرين، ولكن ذلك لم يبعث شيئاً من السرور على قلبي، إذ إن العظماء من أمثال (نيوتن) و(باسكال) كانوا قد انتهوا – وقبل هذه السن من تسجيل أسمائهم في سجل الخالدين.)).

وصل (فوربيه) في أحد أيام شتاء عام (1787) الممطرة إلى رئاسة الكنيسة البندكتية في حرم القديس (بينو – سور – لور – St. Benoit – sur – Loir) على أمل إكمال الاستحضار اللازم له لإلقاء قسم الكهنوتية البابوية والانخراط في سلك الرهبنة، وخلال التحضير لذلك كان

يجمع الكهنة والرهبان بين الحين والآخر لتدريسهم مادة الرياضيات التي أحبوها بدورهم!!

ومع مرور الوقت وإدراكه لمسلكه الحقيقي في الحياة قرر التنازل عن أداء القسم فغادر رئاسة الكنيسة في عام (1789) غير آسف. لقد كان دائم الانشغال عميق الهيام أصيل الوجد بالرياضيات، ولا يمكن أن يجتمع حبان في قلب من يروم الانخراط في سلك الرهبنة قط!!.

اعتُقل وسُجن خلال فترة الثورة الفرنسية عند محاولته الدفاع عن الكثير من ضحايا (محور الشر والإرهاب)، فقد عمّت الفوضى في تلك الحقبة، الأمر الذي أدى إلى إرسال الآلاف إلى خشبات المقاصل بعد اتهامهم بمناهضة الثورة وإجراءاتها الجذرية الإصلاحية. سُجن أحد أبطال (فورييه) وهو الرياضي [نيكولا دو كاريتا كوندورسيه Nicolas de Caritat Condorcet (1743-1794)][1] إثر تصديه للدفاع عن الثوريين الراديكاليين المعروفين باسم (الجاكوبنز - Jacobins)[2]

ومات في سجنه، كما رُفع بطل آخر من أبطال (فورييه) - وأحد أهم أبطال الثورة الفرنسية، وهو العالم الجليل، الفيزيائي والكيميائي الشهير [انتوني لافوازييه - Antoine Lavoisier (1743-1794)] والموجد الحقيقي لعلم الكيمياء الحديثة - إلى خشبة المقصلة التي أطاحت برأسه. وقدسرت حمى القتل واستشرت الإعدامات من دون وازع من أي شيء على الإطلاق، الأمر الذي حدا بالفزع من الموت أن يتلبس صاحبنا والذي كان على قاب قوسين أو أدنى منه، ولكن التغيرات السياسية السريعة ما لبثت أن أودعت (فورييه) والكثيرين غيره ممن كانوا مهددين بالموت إلى أحضان الحرية.

---

(1) هو [ماري جين انتوني نيكولا دي كاريتا - مركيز - كوندورسيه - Marie Jean Autonie Nicolas de Caritat، Marquis de Condorcet (1743-1794)] فيلسوف ورياضي وعالم سياسي فرنسي. اقترح مبدأ الانتخاب بطريقة عرفت باسمه، دافع عن الاقتصاد الحر، والتعليم الشعبي والدستورية والحقوق المتساوية للجميع وبضمنهم النساء والأقليات، ساهمت كتاباته في إذكاء عصر التنوير والنهضة والثورة الفرنسية. (المترجم).

(2) Jacobins - حركة ثورية (1789-1794) برزت خلال الثورة الفرنسية وتفصح بحرية عن آرائها وتمثل في فرنسا الحديثة وجهة نظر حكومة المركز وتناهض الأقليات ولغاتهم. (المترجم).

وفي عــام (1795) التحق بالهيئة التدريسية للمدرســة العليا (للبولي تكنيك) في باريس. وفي عام (1797) خلف عالم الرياضيات الفرنسي المولد الإيطالي الجنسية (جوزف – لوي لاكرانــك – Joseph – Louis Lagrange) علــى كرســي الأستاذيــة لمادتي التحليل والميكانيــك، وقد قُلِّــد (فورييه) أخـيرا وسام المُحاضـر المتميز تقديـرا لكفاءته وجهوده العظيمة للعلم وفي التعليم.

كمــا تم استدعاؤه من قبل الحكومــة وصاحب الإمبراطور (نابليــون بونابرت) في حملته الشهيرة على مصر عام (1789)، وقام خلال السنوات القليلة التي تلت ذلك التاريخ بدراسة الآثــار المصرية التي شُغف بها ونــذر لها جل وقته. وقد قام بالإضافة إلى ما سبق بتحمل أعباء دبلوماسية وكان ضمن هيئة المناقشة والتعليق والمشاركة في الإنجاز الفرنسي العظيم حول كل ما أنجز اكتشافه من آثار، وما جرى رصده من تراث وما تم تسجيله من أحداث، وهو العمل الرائع الذي صــدر تحت عنوان (وصف مصر – Description de l'Egypte). وقد قام (فورييه) فيه بتحرير الجزء المعني بتاريخ مصر.

بعــد رجوعه إلى فرنسا في عــام (1801)، أرسله(نابليون) إلـــى منطقــة (كرينوبل Grenoble) وعينــه بمنصــب حكومــي أشـرف مــن خلالــه على عمليــات تجفيف المستنقعــات وإنشاء الطرق. واستمر طوال هذه الفــترة حبه للرياضيات وتطوير قابلياته وممارساته فيها.

كان قــد بــدأ أبحاثه ودراساتــه حول نظريتــه الرياضية في الحرارة حوالي عــام (1804)، واستطــاع إكمــال اطروحته المهمــة الموسومة (**حــول انتقال الحرارة في الأجســام الصــلبة**) بعد ذلــك التاريخ بثلاث سنــوات أي في عام (1807). لقد استحــوذت فكرة الحرارة وانتقالها على تفكـير (فورييه) واهتماماته فصار مهووسا بتفسير ووضــع المعادلات الخاصة بانتقالها خــلال الأشكال الهندسية المختلفة والتي تراوحــت ما بين المستطيلات والحلقات والكرات والأسطوانات وحتــى المخاريط. وقد تعمق في عمله ذاك حتى تمكن من الوصول إلى التعبير الرياضــي اللازم لبيان أسلوب انتقال الحرارة خلال صفائــح المواد الرقيقة جدا، والتي يمكن

اعتبارها أجساما ثنائية الأبعاد. لقد وضع معادلته بشأن ذلك بالصيغة التفاضلية التالية:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = k\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right).$$

حيث يمثل u – درجة الحرارة

في t – وقت معين

عند (y، x) – نقطة محددة على المستوى

هـذا وعادةً ما تُطرح المسائل الحسابية الخاصة بالحـرارة من قبل الباحثين على الرياضيين لحلهـا عنـد علمهم درجة الحرارة عنـد نقاط محددة على سطح مـادة مستوية وعند حوافها في لحظـة زمـن صفرية (t = o). يعود الفضل (لفورييـه) في استنباطه لمتوالية تحوي الحدود المثلثيـة المعروفـة (كالجيـب – Sine – والجيب تمـام – Cosine) لغرض حـل مثل تلك المسائـل. ولقد مكنت نظريتـه العلماء والباحثين اليوم من تحليل مديـات واسعة من الدوال بدلالـة (الجيب والجيب تمام)، وتلعـب (متواليات فورييه) هذه دورا مهماً في إيجاد الحلول باعتبارها الأداة الرياضية المناسبة في العديد من حقول الرياضيات والفيزياء.

ذكـر كـل من (جـيروم رافيتـز – Jerome Ravetz) و (آي كراتـان – كنز – I. Grattan – Guiness) في معجم (سير العلماء الذاتية) ما يلي:

((تـبرز أهمية الإنجازات التي توصـل إليها (فورييه) وتتجلى قوتها الرياضـية كأدوات جسورة وُجدت لتضع الحلول للمحاولات التي تولدت عنها متواليات متعددة طويلة والتي أوجدت بدورها مشاكل جديدة في أساليب التحليل الرياضي عملت على إذكاء وتشجيع القيام بالكثير من الأعمال الرائدة ضمن ذلك الاختصاص ولما تبقى من القرن التاسع عشر وما تلاه.)).

يمكـن تلخيص موضوعات (فورييـه) السابقة وتطبيقاتها وأمثلتهـا بجملة واحدة بسيطة مفادها إمكانية إعادة صياغة أي دالة تفاضلية، ومهما كانت درجة تعقيدها او غرابة المنحنى المرسوم بموجبها إلى درجة لا بأس بها من الدقة (وحسب الرغبة) بوضع سلسلة من (الدوال

الجيبية والجيب تمامية) لها وإلى المدى الذي نبغيه لها.

فعلى سبيل المثال دعنا نمعن التفكير في تطبيق متوالية (فورييه) في مجال الصوتيات ونفترض وجود دالـة تكرارية رتيبة هي (y (t، والتي تمثل مقدار إزاحة جزيئـات الهواء المجاورة لآلة الكلارنيت الموسيقيـة أو الطبلة الاعتيادية. تمكننا متوالية (فورييه) من كتابة تلـك الدالة بدلالة الحدود المثلثية وكما يلي:

$$y(t) = \sum_n A_n \sin \omega_n t + B_n \cos \omega_n t.$$

بحيث تقابل وتساوي أقل ذبذبة زاوية (ω_1) الزمن الحقيقي اللازم للدالة الموجية (y (t: والتـي تمثل مدى ومقـدار إزاحة جزيئـآت الهواء المجاورة لآلـة الطبلـة (Drum) أو الكلارنيت (Clarinet).

ومن الدالة الموجية السابقة [(y (t] وإذا كان [$\omega_1 = 2\pi/T$]

حيث (T) هي التكرارية الزمنية، فستعتمد القيم النسبية لكل من (A) و (B) على شكل الموجة ذاتها وكمثال أقل تعقيدا وأيسر فهما دعني أصور لك الشكل الموجي التقليدي والمسمى بموجه (أسنان المنشار) والتي تشبه بالضبط ما تبدو عليه حافه نصل أي منشار يدوي.

هنـا يمكننـا التعبير رياضيا عن تلك الموجة بدلالة حاصل جمـع ما لا نهاية له من الموجات الجيبية الاعتيادية البسيطة وعلى الشكل التالي:

$$y = 2y_0 \left[\sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) - \frac{1}{2}\sin\left(\frac{2\cdot 2\pi t}{T}\right) + \frac{1}{3}\sin\left(\frac{3\cdot 2\pi t}{T}\right) - \cdots \right]$$

حيث (T) تعبر عن التكرارية الزمنية اللازمة لها (وهي Period) أما القيم الأخرى لـ (A) و (B) فتعتمد على شكل الموجة الصوتية المتولدة.

وهنا تمثل (yo) – مقدار إزاحة الموجة (أي قوتها وشدتها).

و (T) – تكراريتها (أي الزمن اللازم لإكمال موجة واحدة كاملة منها) – وهي الـ(Period).

كتب الفيزيائي البريطاني [السر جيمس جينز (1946–1877) Sir James Jeons] في دورية (العلم والموسيقى) يشرح أهمية ما توصل إليه (فورييه) قائلا:

((تتيـح لنا نظريتـه إعادة بنـاء أي منحنى مهما كانـت طبيعته وكيفمـا كانت طريقة

التوصـل إليه، ومهما كانت درجة تعقيده، وذلك عن طريق إسقاط أعداد كافية عليه من المنحنيات البسـيطة المتجانسة - باختصار يمكننا إعادة تشكيل أي منحنى بواسطة عدد كاف من الموجات الجيبية وهذا هو ما ابتدعه (فورييه).)).

وتضمنت أعمالـه الأخرى أبحاثا ناقشت العديد من المسائـل والأمور المتعلقة بالمحارير، وطـرق تدفئة الـدور وتحديد العمر التقريبـي لكوكب الأرض إضافـة إلى العديد من الطرق الحسابيـة والرياضية للتفريق بين الجذور الحقيقية والخياليـة لمختلف المعادلات وتحديد طرق تقنين زيغ القياسات المختلفة وإنقاص نسبة الخطأ فيها.

في عام (1808) أسبغ (نابليون بونابرت) عليه لقب (البارون)، وبعد ذلك بفترة خلع عليه رتبة (الكونت)، وفي عام (1817) تم انتخابه عضوا في الأكاديمية العلمية، وبعد ذلك انتخب لمنصب العضو العامل في المجمع الإمبراطوري للشؤون الخارجية.

وفي عـام (1822) تمكـن من نشـر نظريته الرياضيـة للتوصيل الحراري في المـواد الصلبة بالاستناد إلى معادلة تفاضلية بينت تناسب قيمة معدل انسياب الحرارة خلال وحدة المساحة العموديـة علـى المحور السينـي (X – axis) مع منسوب الحرارة [وهـو مقدار قيمة معدل التغيير في الحرارة، أو مشتقتها (dt / dx) في ذلك المحور].

ومـن المثـير والمدهش حقا أن (فورييـه) كان قد كتب وطور نظريتـه بالاستناد إلى (نظرية المائـع الحـراري – Caloric Theory) وهي نظرية مخطوءة أُثبـت بطلانها علميا وعمليا، وقـد كانت تنص على أن انتقال الحـرارة كان يتم عن طريق انتقال (نوع ما من المائع) العديم الـوزن وغير المرئي، هو المسؤول عن نقل الحرارة من جزء من أي مادة إلى أي جزء آخر منها أو إلى أيـة مادة أخرى. لقد أثبت (**قانون فورييه للتوصـيل الحـراري**) صحته نظريا ومختبريا رغم خطأ مفهومه عن (طبيعة) الحرارة، يثبت ذلك - وكما سبق الإشارة إليه وتوضيحه في مقدمة هذا الكتاب - بأن في إمكان القانون المعين تفسير جانب من جوانب الحقائق الكونية العاملة والمشاهـدة فعـلا، دون حاجة القانون أو واضعه إلى التطـرق إلى... أو معرفة (كيف) يعمل ذلك القانون أو (كيف)... أو حتى (لم) تتصرف الطبيعة بهذه الصورة دون غيرها.

وفي العشرينيات من القرن التاسع عشر (1820s)، بدأ (فورييه) بالتساؤل والتفكير عن ماهيــة الحرارة الأرضية، وكيف أمكن لكوكب (الأرض) الاحتفاظ بدفئه المناسب لتعميد وإسناد أنواع الحياة القائمة عليه. فلقد اعتقد علماء عصره بأن على الأشعة الحرارية المتولدة في الشمس والواردة إلى الأرض أن تنعكس عن الأرض وعن مسطحاتها المائية (كالبحار والمحيطــات) لترجع القهقرى وتُفقد إلى الفضــاء، أما (فورييه) فقد وافق على مبدأ فقدان جزء من الحرارة الشمسية الواردة إلى الأرض ولكنه اقترح أيضا احتمال عمل الجو المحيط بالأرضــ عمل البيت الزجاجي العظيــم (Greenhouse)، الذي يمتص كمية كبيرة من تلــك الحرارة، فقــط ليعيد إشعاعها مرة ثانيــة إلى الأرض التي يغلفهــا. وبناء على تفكيره الصائب المبدع والمبكر آنذاك يمكن اعتباره الأب الروحي، وأول من فكر بـ واقترح وجود (ظاهرة الاحتباس الحراري) التي تعاني من جرائها كرتنا الأرضية الأمرين اليوم[1].

سارت الشائعات بأنه كان قد أصيب (بلعنة الفراعنة) بعد مشاركته في حملة نابليون الفرنسية علــى مصــر، فلم يتعاف بعد رجوعه إلى بلاده عقب مشاركته تلك قــطُ. فلقد أصيب محرار بدنه الداخلــي (بالعطل) فلم يعد قادرا على الاحتفاظ بحرارة جسده الطبيعية أبدا فكان دائم الشعور بالــبرد. من المنظور العلمي الطبي الحديث بإمكاننــا تشخيص حالة إصابته اليوم بانخفاض إفراز هرمــون الغــدة الدرقية (المكسوديمــا – Myxedema) كتفسير لما كان يعانيــه، فمن المعروف أن المصابــين بتلك الحالة كثيراً ما ينخفض منسوب معــدل الاستقلاب في أجسامهم الأمر الذي يخفضــ معه معدل ضربــات قلوبهم ويصيبهــم بالتلكؤ وبالبــطء في فعالياتهــم العادية كالمشي والحركــة إضافة إلى معاناتهــم المستديمة من الشعور بالبرودة الغامــرة وفي كل الظروف وضمن كافــة الأحوال. ولكن وعلى كل حال فما يهمنا من حال عالمنا الجليل (فورييه) أنه صار لا يُطيق الخروج إلا مُدججا بمعطف واحد أو اثنين مع حرصه الشديد على اصطحاب أحد خدمه ليحمل لــه (الثالث) عندما تحين حاجتــه إليه وكثيراً ما حدث ذلك. لقد بلغ شعوره بالبرد مرحلة مرضية

(1) (ولم تفلح حتى– Hopenhagen 2009 – في إعادة الأمل إليها). (المترجم).

ألزمته بيته فلم يغادره أبدا وإنما حرص على تدفئته صيفا وشتاء والبقاء فيه حتى وافاه أجله المحتوم وطويت صفحة حياته في أحد أيام عام (1830) إثر إصابته بنوبة قلبية مفاجئة. وقُبيل رحيله إلى العالم الآخر ترك (فوريبه) رسالة واضحة عنونها إلى أحد أصدقائه المقربين إليه يخبره فيها بأنه صار يرى (ضفة النهر الأخرى)، والتي يوشك أن يعبر إليها وأنه بدأ يشعر بعلامات (شفائه) من الحياة واستعداده للانتقال إلى حيث لا مرض ولا سقم ولا عين رأت ولا أذن سمعت...

وصف المؤلف (كيل اي. كرستنشن – Gale E. Christianson) واضع كتاب **(البيت الزجاجي: قصة المئتي عام من ظاهرة الاحتباس الحراري)** حالة (فوريبه) وقد حبس نفسه في صندوقه الخشبي لا يبارحه لأن تلك كانت الطريقة الوحيدة المعروفة آنئذ لإسناد جسده المتهالك جراء شيخوخته، قائلا:

> **((لقد وجد مبتكر أصل وصاحب نظرية (الاحتباس الحراري) نفسه محبوسا وبإرادته داخل صندوق خشبي استخدمه لإسناد جسمه المتهالك ومفاصله التي لم تعد قادرة لا على التمفصل ولا على الحركة ولا حتى على إسناد ثقله بفعل داء الروماتزم المزمن الذي فت عضُدها وأوهن قوتها فلم تعد تجد للحركة الطبيعية سبيلا. لقد كان ذلك الصندوق وسيلته الوحيدة لإبقاء جسده مستقيما ويداه (اللتان وضع لهما فتحتان في جانبيه كي تخرجان منه) مستقلتين قادرتين على الإجابة على العديد الجم من الخطابات والاستفسارات التي كانت ترد وباستمرار إلى السكرتارية الدائمة للأكاديمية العلمية والتي حظي هو بشرف رئاستها.)).**

لقد شابهت حالة (فوريبه) وحبه الجنوني للحرارة مواصفات وحب رياضي وفيزيائي ومهندس كهربائي عريق آخر هو الإنكليزي [اولفر هيفي سايد (1850–1924) Oliver Heaviside] لها. لقد نال (هيفي سايد) – بعد تفوقه على كافة منافسيه– (جائزة نوبل) في الفيزياء لعام (1912). ومن بين الإنجازات المتميزة له وضعه للأسس الرياضية الرصينة التي بُنيت عليها نظريات تصميم الدوائر الكهربائية الحديثة، وطرق تحليل القيم الاتجاهية للظاهرة الكهرومغناطيسية. ومن النتائج العملية لنجاح تفكير (هيفي سايد) وصلابة نظرياته تمكننا اليوم من إجراء المحادثات الدولية البعيدة عبر الهواتف الثابتة والنقالة.

لقـد أحب، بل عشق (هيفي سايد) العمل في الأجواء بالغة السخونة داخل الغرف الحارة المنارة بمصابيح الزيت وذوائب دخانها. وصف أصدقاؤه منطقة عمله – بالنظر لسخونتها – بأنها كانت (أحـر من جهنم)!! ومن المؤسف أن يذكـر التاريخ لنا تأزم حالته وزيادة ولعه بالحرارة إلى الدرجة التي فاقت معها مقادير استهلاكه للغاز الحدود المعقولة وذلك نتيجة لتركه المشاعل والمدافئ مولعة لفـترة (24 ساعـة) يوميا ولـ (365 يوما) في السنة. لقد بلغ ولع (هيفي سايد) بالحرارة والعمل في الجو الحار درجة لا معقولة استعر معها شجاره مع شركات الغاز حول تقصيرهم تجهيزه بحاجته من الغـاز من ناحيته، وبالتهديد بمقاضاته لعدم دفعـه للفواتير الهائلة المتراكمة في ذمته من ناحيتهم... لقد بلغ استهلاكه من الغاز رقما فلكيا مبالغا فيه قارب الـ (800000 قدماً مكعباً) سنوياً.

لم تُقبل كافة نظريات (فورييه) الرياضية وآراؤه بشأن العديد من الظواهر التي عالجها رغم جديتها ونبوغها لسبب قد يعزى إلى إخفاقه في تقديم الدعم الرياضي الموثوق والبرهان القاطع المقبول على صحتها. توقع مؤلف كتاب (**الكيمياء الفيزيائية للجزيئات العملاقة**) وهو الكاتب (اي. اف. صن– S. F. Sun) معاناة (فورييه) ونكاية زمانه به رغم عبقريته وإمكانياته حين كتب يقول:

((لفورييـه كامـل الحق أن يموت كمدا وأن يُعتصر قلبـه قبيل وعند وفاته حسرة على ما فرط أصـحابه وزملاؤه في حقه، فهو لم ينل لا الاحترام ولا الشهرة التي كان يستحقها لقاء إنجازاته الرياضية. ولكن ما لم يحصل عليه في حياته ابتدأ يحصده بعد وفاته ولو بعد فوات الأوان... نعلم اليوم ونقر بفضل (فورييه) ومتوالياته في تطوير أساليب التحليل الحديـث والتي صـارت تلقى من الرواج والتقدم (بعـد إدراك فوائدها) ما يلقاه تطور ونمو علوم الحاسب الآلي من الرواج والتقدم. لقد أدركنا اليوم أهمية ما ابتكره (فورييه) من التداخلات والتفاضـلات التـي تحمـــل اسـمه (Fourier's Integral)[1]

(1) و (2) Fourier's Integral + Fourier's Transform – هي طرق رياضية ابتكرها وحملت اسمه تعمل على تحويل دالـة معقـدة بمتغير حقيقي إلى أخرى أبسط وتستعمـل في معالجة الإشارات حيث أساسها هو الزمـن (Time) وقد يكون أساسها (الذبذبة – Frequency Domain).(المترجم).

والتحــولات (Fourier's Transform)[2] والتي أمكن اشــتقاقها مباشرة من متوالياتــه (Fourier's Series)[3] وأهميتهــا جميعــا في كافة حقول التكنولوجيا كالهندسة والفيزياء والكيمياء وعلوم الأحياء والطب)).

لخصــ الكاتب (ايوان جيمســ – Ioan James) بكفاءة واقتــدار إنجازات (فورييه) في كتابه القيم (فيزيائيون متميزون) حين قــال:

((طــوال حياته وخلال كافة أعمالــه لم يجاريه أحد في كفاءته، في ربح إخلاص وتقدير أصــدقائه وتلامذته الذين يصــغرونه عمــرا، فلقد كان مثالا للتضــحية والإيثار وحب مساعدة الغير والوقوف إلى جنبهم في محنهم وأزماتهم...هذا من الناحية الإنسانية، أما من الناحية العلمية فقد بزّ الجميع بإنجازاته الفذة ولا سيما في دراساته حول طريقة انتشار الحرارة وأبحاثه وأفكاره في اســتنباط وتطوير الســبل الرياضية لدفع تلك الدراسات قُدما إلى الأمام.... لقد وهبه الله (عز وجل) ملكة خارقة استثنائية في السيطرة وامتلاك نواصي الأساليب التحليلية في الرياضيات، أما السر وراء نجاحاته المثيرة والخالدة، فقد كان تمتعه بالإضــافة إلى كافة مواهبه الأخرى بقوة الإرادة والتصــميم المفعمة بالحدس العلمي في حقلي الفيزياء والرياضيات)).

سميت إحدى فوهات القمر والبالــغ قطرها (51 كيلومترا) باسمه تخليدا لذكراه وتثمينا لأعماله، وتم إقرار ذلك في عام (1935) من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين. لقد اختــار (كوستاف ايفــل – Gustave Eiffel) مهندس وصاحب فكرة نصب (برج ايفل) المسمــى باسمه، اسم (فورييه) من ضمن أسماء علماء فرنسا البارزين الاثنين والسبعين الذين قــرر تخليدهم بحفر أسمائهــم على روافد البرج المذكور. [انظر (قانــون كولوم للكهربائية المستقرة) في الجزء الثاني من هذا الكتاب.

(2) (3) Fourier's Series – هي طريقة رياضية لتحليل دالة متواترة (Periodic) أو إشارة متكررة (Periodic Signal) رتيبه إلى مجموعة من الدوال الجيبية البسيطة، وضعها أصلا لحل مسائل انتقال الحرارة في المسطحات المعدنية.(المترجم).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Christianson, Gale. *Greenhouse. The 200-Year Story of Global Warming* (New York: Walker & Company, 1999); see www.nytimes.com/books/first/c/christianson-greenhouse.html.

James, Ioan. *Remarkable Physicists: From Galileo to Yukawa* (New York: Cambridge University Press, 2004).

Jeans, James, *Science and Music* (New York: Dover, 1968).

Jiji, Latif, *Heat Transfer Essentials: A Textbook* (New York, Begell House, 1998).

Ravetz, Jerome, and I. Grattan-Guiness. "Fourier," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Smith, Eric J., "81GHz Diamond Semiconductor Created." *Geek News*, August 27, 2003; see www.geek.com/news/geeknews/2003Aug/gee20030827021485.htm.

Sun, S. F., *Physical Chemistry of Macromolecules: Basic Principles and Issues* (Hoboken, N.J.: Wiley, 2004).

Thomson, William (Lord Kelvin). "On the Secular Cooling of the Earth," *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 23: 167-169, 1864; read April 28, 1862; see zapatopi.net/kelvin/papers/on_the_secular_cooling_of_the_earth.html.

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• ما الذي يدفع الكواكب للدوران حول الشمس؟ سؤال وجيه ومحير في نفس الوقت!! لقد وجد عامة الناس في زمن (كبلر – Kepler) الجواب الشافي الكافي (لهم آنذاك) فآمنوا بوجود الملائكة العظام الذين لا يكفون عن الضرب بأجنحتهم لتوليد التيار الهوائي اللازم والكافي لإدامة حركتها في مداراتها. وكما ستتعلم لاحقا، فإن هذا الجواب لم يكن ليجافي الحقيقة كثيرا، سوى أن على الملائكة (بتصورنا الحديث) أن توجد في الاتجاه المعاكس وأن على أجنحتها أن تدفع بقوتها إلى الداخل.

فاينمن

Richard Feyuman، (The Character of Physical Law)

مقتطف من كتابه (مواصفات القانون الفيزيائي).

• لو افترضنا الإمكانية الخارقة لقوانين الكون والطبيعة على تحويل الذرات والجزيئات إلى حياة ابتدائية، ومن ثم نقلها وبعد مراحل كثيرة إلى كائن عضوي عاقل... بمعنى إمكانية استخراج الحياة

المعقدة العاقلة (كالعقل البشري) من مزيج بدائي كربوني بسيط كنتيجة متأتية عن مسبب لسبب (كان يأمرونهن بقولهم اصنعوا الحياة!)...فهذا سيعني أن لقوانين الكون قابلية خلق من سيفهمها.

دافيز

Paul Davies، (The Fifth Miracle).

مقتطف من كتابه (المعجزة الخامسة).

• هنالك في مكان ما من ذلك (الفضاء) المحيط العظيم البعيد الأفق حتى اللانهاية... وما بين ظلمات أمواجه الحالكة والحاجبة لأي ومضة نور (عنا... وفي الوقت الحاضر على الأقل) تقع الحقيقة... وما بين صحف أسفارها تقبع الإجابات الوافية لكافة أسئلتنا عن الكون والخليقة والحياة... وفي اليوم الذي نصل فيه إلى هناك ونروي ظمأ جهلنا من مياه معرفة كوثرها الرقراق، عندها سننتشي بالحقيقة التي طال بحثنا عنها... ولكن بعد أن نفيق من سكرتنا بها ستتجلى أمامنا أسئلة جديدة بأبعاد وليدة لم تكن لنا مجرد إمكانية تصورها ولا ملكة تخيلها من قبل... وسننظر إليها وننتظر حيارى كحيرة (دودة الأرض) اليوم وهي تحاول جاهدة سبر أغوار أذهاننا ومحاولة فهم شعورنا ونوايانا وتفكيرنا الآن... ولكن دون أي طائل وبلا أدنى جدوى.

دايسون

Freeman Dyson، (Science & Religion، No Ends in Sight)

Newyork Review of Books

مقتطف من كتابه : (العلم - الدين - لا إلقاء في الأفق المنظور).

قانون أمبير للكهرومغناطيسية ودوائرها الكهربائية

AMPERE'S CIRCUITAL LAW OF ELECTROMAGNETISIM

π فرنسا، 1825:

تتناسب كمية الدوائر المغناطيسية المحتثة في الفضاء الحر المحيط بمسار تيار كهربائي مع مقداره المار خلال السطح المحيط بمساره، والمراد قياس كمية فيض مغناطيسية تلك الدوائر حوله، أي تتناسب كمية تلك الدوائر ذوات المراكز المتحدة المتوضعة على طول السلك الموصل للتيار الكهربائي مع قيمته.

محاور ذوات علاقة:

قانون بايو-سافار (BIOT-SAVART LAW)، ومعادلات مكسويل (MAXWELL'S EQUATIONS)، وهانز اورستد (HANS QRSTED)، وجوزف هنري (JOSEPH HENRY)، وميشيل فراداي (MICHAEL FARADAY)، و جين - بابتست بايو (JEAN-BAPTISTE BIOT)، وفيلكس سافار (FELIX SAVART).

من احداث عام 1825:

- حصلت بوليفيا على استقلالها من البيرو.
- تم افتتاح قنال إري (Erie Canal) التي وفرت الممر المائي من منطقة الباني (Albany) في نيويورك إلى بحيرة (إري) وبذلك تم ربط البحيرات العظمى مع المحيط الأطلسي.
- أقر القانون الفرنسي اعتبار تدنيس وانتهاك المحرمات إهانة كبرى ووافق على سن أشد العقوبات بحق مقترفيها.

نص القانون وشرحه:

لم تكن العلاقة الطبيعية بين المغناطيسية والكهربائية قد عرفت بعد قبل عام (1819)، عندما اكتشف الفيزيائي الدنماركي [هانز كرستيان اورستد (1777-1851) Hans Christion Qrsted Hans]

انحراف إبرة البوصلة المغناطيسية عند وضعها بجانب سلك كهربائي ومن ثم إمرار التيار خلاله وقطعه عنه. وعلى رغم الجهل التام آنذاك بماهية المغناطيسية أو تأثيراتها إلا أن تلك التجربة البسيطة كانت قد فتحت بابا كبيرا وكتبت عنوانا عريضا مفاده وجود العلاقة الوطيدة (وبشكل ما) ما بين الظاهرتين، ولقد صدّق العلم ما ذهب إليه حدس العلماء فسرعان ما تجمعت الاختراعات والاكتشافات التي تؤكد ذلك وتؤيده وتستفيد منه مثل التلغراف والمذياع والتلفزيون والحاسوب. لقد أذكت الورقة القصيرة التي نشرها (اورستد – Qrsted) في عام (1820) والتي ضمنها ملاحظاته وما توصل إليه شعورا خاصا لدى الفرنسيين الذين أصلا كان قد تولد لديهم اهتمام عجيب وهوس غامر بظاهرتي الكهربائية والمغناطيسية، ونتيجة لذلك فقد تكاملت العديد من التجارب والملاحظات خلال الفترة الزمنية الواقعة ما بين عامي (1820–1825) ولا سيما تلك التي قام بها على وجه الخصوص الفيزيائي الفرنسي [اندريه – ماري امبير (1775–1836) Andre- Marie Ampere] وآخرون والتي أثبتت تولد حقل مغناطيسي حول كل سلك معدني يمر خلاله تيار كهربائي. ويطلق اليوم على تلك العلاقة البسيطة وذلك الاكتشاف البين بالإضافة إلى كافة متعلقاته ونتائجه، من خلال وبواسطة الأسلاك المعدنية الموصلة اسم (قانون امبير للكهرومغناطيسية Ampere's Law of Electromagnetism).

وإليك بعض الأمثلة والتوضيحات: يتولد حقل مغناطيسي قيمته (**B**) يحيط بكل سلك يمر عبره تيار كهربائي ما مقداره (I). (ويعني استعمال الحروف الثخينة أن تلك القيمة هي مقدار اتجاهي تتضمن مقدارا واتجاها في عين الوقت). وتتناسب قيمة (**B**) مع مقدار التيار (I) المار عبر السلك وتكون دائرة وهمية نصف قطرها (r) ومركزها في وسط السلك المعدني الموصل الناقل للتيار. وبعد القيام بالعديد من التجارب؛ استطاع (امبير) وغيره إثبات حقيقة قابلية الأسلاك التي يمر عبرها التيار الكهربائي على جذب برادة الحديد إليها (... وبناء على ذلك تقدم امبير بنظرية مفادها إمكانية اعتبار التيار الكهربائي مصدرا لتوليد المغناطيسية).

وللمهتمين منكم ولمن قد قام ببعض تجارب الكهرومغناطيسية البدائية المبسطة مثل لف سلك معزول حول مسمار حديدي ومن ثم إيصال طرفيه إلى قطبي بطارية، ففي تلك التجربة البسيطة

تحقيـق لمـا كان (**امبير**) قد قام به فعلاً في بادئ الأمر. وباختصـار فإن ما قام به كان إثباته للعلاقة مـا بين أي حقـل مغناطيسي وبين التيار الكهربائـي الذي ولّده. وهذا القانـون، شأنه شأن أي قانون آخر تضمنته صحائف هذا الكتاب، له تطبيقاته العملية والعلمية التي تتعلق بفهمنا وبنائنا للمغانيط الكهربائية والمحركات والمولدات والمحولات التي يكون الكهرباء أساسا في تشغيلها.

يمكننـا كتابة (**قانون امبير**) بأشـكال متعددة، ولكن أشهرها هو الـذي يحتوي على إشارة التفاضل كما في المعادلة التالية:

$$\oint_s \mathbf{B} \cdot \mathbf{ds} = \mu_0 I_{\text{enc}},$$

حيث تمثل **B** - الحقل المغناطيسي

و **s** - هي المجال الدائري المغلق له

و μo - ثابت المغناطيسية ويعرّف بالنفوذية خلال الفضـاء الحـر ويساوي ($\oint_s$) والـ (Wb) - هـو اختصـار لوحـده (الويـبر - Weber) وهي الوحدة التي يقاس بها مقدار الفيض المغناطيسي و (A) - هي وحدة الامبير.

و Ienc - مقدار التيار الكهربائي الذي يحويه أو يتولد منه منحنى خط الفيض المغناطيسي S.

وتستنتـج من وضع المعادلة حقيقـة تناسب عدد خطوط فيض الحقل المغناطيسي حول أي نقطـة عشوائية يمكن اختيارها على خط مسار التيار، مع خالص مقدار التيار الكهربائي المار في تلـك الدائرة المغلقة. ويمكن استخدام (**قانون امبير**) لتعيين وحساب مقدار فيض أي حقل مغناطيسي سواء كان متولدا خارج سلك مستقيم طويل أم داخله.

ولاشك أنك قد لاحظت عنوان هذا المدخل وعرفت أن المسمى الآخر (**لقانون امبير**) هو (**قانون امبير للدوائـر الكهربائيـة**)، ويعود سبب ذلك إلى حقيقة كون القيمة الاتجاهية في حل عن حدود نصف قطر المسار الدائري حول السلك وتمتاز بثباتها لقيمة S مادام التيار المار في السلك المعدني الموصل ثابتا.

تمكن عالم الفيزياء السكوتلاندي [جيمس كلارك مكسويل (1831-1879) James Clark Maxwell] مـن تنقيـة وتطوير هذا القانون وجعله أكـثر كفاءة في التعبير عن العلاقة ما بـين الحقول المغناطيسية وبين مقـدار التيار المتواجد في المكثفات الكهربائية، وفيما يلي جـزء من مجموعة المعادلات التي اصطلح على

تسميتها (بمعادلات مكسويل):

$$\oint_s \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 I_{enc} + \frac{d\Phi_e}{dt},$$

وفي المعادلة السابقة يمثل الرمز (Φ_e) مقدار الفيض الكهربائي خلال السطح. ويمكن إعادة صياغة ذات المعادلة بشكل تفاضلي آخر هو:

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

هنا يمثل $\vec{J}$ – مقدار كثافة التيار الكهربائي.

هذا وقد أثبت مكسويل كذلك أن أي تغيير في الحقل الكهربائي سيولد حتما تغيرا معلوما في الحقل المغناطيسي المصاحب له حتى لو حدث هذا التغيير في الفضاء الخالي.

لقد توالت وتواترت الاكتشافات وظهرت الكثير من العلاقات ما بين الكهربائية والمغناطيسية، ولا سيما تلك التجارب التي قام بها العالم الأمريكي [جوزف هنري (Joseph Henry (1797-1878)] والعالم البريطاني [ميشيل فراداي (Michael Faraday (1791-1867)] و [جيمس كلارك مكسويل James Clark Maxwell].

ولم يكد يمضي شهر واحد على وصف العلامة (اورستد – Orsted) لمشاهداته حول تأثير التيار الكهربائي على تصرف إبرة البوصلة حتى شرع كل من الفيزيائي الفرنسي [جين بابتست بايو (Jeam Baptiste Biot (1774–1862)]، وزميله الفيزيائي الفرنسي [فيلكس سافار (Felix Savart (1791–1841)] بدراسة العلاقة ما بين التيارات الكهربائية المارة خلال الأسلاك والتأثيرات المغناطيسية التي تنتجها جراء ذلك. لقد تمت الاستفادة من قانون (بايو – سافار) [والذي كنت قد أفردت له مدخلا خاصا له في هذا الكتاب – انظر صفحة (459)] من قبل (امبير) نفسه. ومن الجدير الإشارة هنا إلى أنه رغم عمومية **(قانون امبير)** ونجاحه في وصف التيارات المنتظمة، ورغم إمكانية تطبيقه – وبكفاءة عالية – على مسارات بسيطة للتيار الكهربائي، كتلك التي تستوجب حسابه لحقل متواضع في... أو عند مركز دائرة واحدة من مسار السلك، إلا أنه قد يصعب علينا أحيانا تطبيقه لإيجاد الحسابات العملية لبعض التشكيلات الأكثر تعقيدا كمثل تشكيلات الملفات السلكية (الحاوية عدداً كبيراً جداً

مــن الدورات) وعليه فقد جاء (**قانون بايو – ســافار**) ليقدم الإسنــاد العلمي والعملي لـ (قانون امبــير) في الدوائــر الكهربائية ويقوم محله في حساب الحــالات التي تستوجب حلول مختلفة لأجــل إيجاد قيم الحقول المغناطيسية (**B**) والناتجة عن مرور التيار في تشكيلات أكثر تعقيدا من السلك المستقيم لامتناهي الطول أو الدائرة المنتظمة ذات المركز المعلوم.

لم يكــد يمر أسبوع واحد على اطلاع امبير على ما توصــل إليه (اورستد Qrsted)، حتى تمكــن من إثبات حقيقة تجاذب تيارين كهربائيين إذا سارا متوازيين وبنفس الاتجاه وتنافرهما إذا ما سارا متوازيين ولكن باتجاهين متعاكسين.

للفضوليين فقط:

- لقد تشرب امبير وانغمس في ولعه وعشقه وهيامه بالكهربائية واعجب بها إلى الدرجة التي أعتقد أنها لابد وأن تمثل روح الإله (جل وعلا)[(1)(2)].
- أعدم والد امبير بفصل رأسه عن جسده بالمقصلة!!

أقوال مأثورة:

– لم يطلــب مني والدي، يوما أن أتعلم شيئا ولم يجــبرني على الدراسة قط، ولكنه استطاع وبنجاح – وهذا هو الأهم – غرز بذرة حب المعرفة والتوق إليها داخل نفسي وكياني.

امبير

Andre - Marie Ampere، quoted in James R. Hofmann's (Andre - Marie Ampere).

- من كتاب هوفمن بعنوان (امبير)..

– لقــد حزمت أمري واتخذت قراري النهائــي بالاختصاص في موضوع الرياضيات. نعم أعترف بأني قد جابهت بعض الصعوبات والمتاعب في أول عهدي بها، ولكنني الآن قد تمكنت

(1) ((سبحان ربك رب العزة عما يصفون...)) سورة الصافات. آية (180).(المترجم).

(2) ((... سبحان الله عما يصفون)) سورة المؤمنون. آية (91). (المترجم).

مـن نواصيها ولا أريد منهـا فكاكا. إن في النشـوة والحبور، بل وبشعـور الاستعلاء ومسحة السحـر الحلال والسرور الذي ينتابني حينما أغمـر نفسي فيها وأتمتع بجمال ممارستها وإيجاد الحلول لمسائلها، لأكثر من برهان وأنصع من دليل على أنني قد وُجدت لها ولا من مجال لغيرها في ذهني وكياني قط، وما أراني قد خُلقت وخُلق تفكيري إلا لها وحدها وليس لغيرها.

امبير

Andre- Marie Ampere، quoted in James R. Hofmann's (Andre - Marie Ampere)

- من كتاب جيمس هوفمن بعنوان (امبير)...عنه.

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولد العالم الفيزيائي الفرنسي الشهير [اندريه - ماري امبير (1775-1836) Andre - Marie Ampere] والـذي تمكن بحلول عـام (1825) من إرساء قواعـد وأسس النظريـة الكهرومغناطيسية، في (مدينة بوليمو - Poleymiewx) على (جبل الذهب) قرب منطقة (ليو - Lyon) في فرنسا.

لقـد انضوى (امبير) تحت لواء العظماء، وانتمى إلى مسـيرة العباقرة الذين لمع نجم نبوغهم وإبداعهم مبكرا في حياتهم. تذكر لنا الموسوعة البريطانية في طبعتها لعام (1911)، ما يلي:

((لقد شغف امبير ومنذ نعومة أظفاره بالسعي إلى ينابيع العلم والمعرفة والنهل من الرائق منها. لقد ظهر تطور قابلياته الرياضـية الفذة في وقت مبكر وبفترة قياسـية، فقد كان باستطاعته التوصـل إلى حاصل جمع العديد من الحدود باستعمال كميات من (البلي - Pepbles) وفتات البسكويت حتى قبل تعرفه على نطق الأرقام)).

وثّـق كـل مـن (ميشيـل اورلـي - Michael O'Reilly) و (جيمـس ولش - James Welsh) أحـداث طفولة (امبير) وعلامات العبقريـة التـي ظهـرت عليه آنذاك في مؤلفهما الرائع المنشور في عام (1909) بعنوان (صانعو الكهربائية) والذي جاء فيه:

((لقد بدأت بواكير عبقريته بالظهور على شـكل ولـع غير إرادي وحب غامر للتعابير الحسـابية فلقـد تمكن (امبير) الطفل - وحتى قبل أن يتعلـم كتابة الأرقام - من اختراع طريقة خاصـة به مكنته من التوصـل إلى نتائج حسـابية صـحيحة لجمع أعداد وأرقام

كبيرة جداً عن طريق استخدامه (للبلي – Pepples) وحبات البازيليا، أما والدته فقد كانت شديدة الخوف عليه وقد تملكها القلق – خلال إحدى نوبات إصابته بأحد الأمراض – ودرءا لأي شر كان يمكن أن يصيبه من جراء استمراره بأعماله الفكرية، فقد عمدت إلى حرمانه من كل ما يمكن استخدامه في عملياته الحسابية)).

ولقد شيع عن (امبير)، أنه كان قد تمكن من فهم واستيعاب كافة كتب الرياضيات التي كانت متوفرة في زمانه، ولما يبلغ السنة الثانية عشرة من عمره بعد. ورغم ما قد يبدو على تلك الحكاية من تهويل ومبالغة ولكن طموح الفتى وإمكانياته الفذة سرعان ما أفصحت عن نفسها خلال السنوات القليلة اللاحقة، فقد تمكن من الشروع في كتابة النظريات الهندسية وإثباتها عند أو قرابة بلوغه لتلك السنة، الأمر الذي أهله فعلا للالتحاق بالمدرسة العليا المركزية في مدينة (بور – Bourg) وتسنم منصب الأستاذية والفيزياء فيها وهو في السادسة عشرة من عمره، ومن ثم شق طريقه صعودا نحو كرسي الأستاذية في الرياضيات في (المدرسة العليا للبولتكنيك) في باريس بعد ثماني سنوات من ذلك التاريخ. لقد كان صاحبنا متضارب الميول دائما، ظاهر الشغف عظيم الولع بكل نواحي العلوم شديد التعلق بكل ما هو جديد عليه، لدرجة أنه كان قد أتم قراءة النسخة الكاملة للموسوعة الفرنسية والتي كانت قد طبعت بعشرين مجلدا، وجاء على كل محتواها وهو في حوالي الخامسة عشرة من عمره.

لم يكن (امبير) يتمتع بكل تلك القابليات التجريبية الفذة التي تمكن منها العديد من المخترعين والعلماء غيره وحسب، وإنما كان يبزهم بقدراته النادرة على النفوذ إلى دواخل الأشياء ومضامين الأفكار أيضاً، فقد كان شديد الاستيعاب سريع الفهم لكل ما كان زملاؤه العلماء ينشرونه أو يجربونه أو يتحدثون عنه. وإليك مثال واحد عما سبق:

فلم يكد يمر أسبوع واحد فقط على اكتشاف (اورستد – Orsted) لحقيقة تأثير التيار الكهربائي المار بسلك موصل على حركة إبرة البوصلة المغناطيسية الموجودة بالقرب منه، حتى شرع (أمبير) بكتابة باكورة أبحاثه التي اكتملت إلى سلسلة كاملة من المقالات التي وضعت وبكل دقة الأسس النظرية الكاملة لكل تلك الملاحظات والتجارب. لقد تمكن

امبـير في عـام (1826) من نشر أشهر أبحاثـه بخصوص ظاهرتي الكهربائيـة والمغناطيسية تحت اسـم (أطروحة حول النظرية الرياضية للظاهـرة الكهرباثية الحركية والمستمدة حصريا مـن تجاربها). لقد تضمنت تلك الأطروحة تجارب عـدة واشتقاقات رياضية متنوعة لقانون (**القـوة الدافعة الكهربائية أو مـا نعرفه اليوم بالفولتيـة** – Electromotive Force – emf). لقـد كان الزمـن الذي استغرقه (امبير) في التوصل إلى كل تلـك المعلومات وتمكنه من وضع الأساس الراسخ لعلم جديد نسبيا لعلماء ذلك الزمـان، قياسيا بكل الاعتبارات، الأمر الذي حـدا بالكثير مـن المعاصرين والعلمـاء إلى التشكيك بقدرته في ذلك، ومنهـم العالم المرموق (مكسويـل – Maxwell) والـذي كتـب في مقالته المعنونـة (إيضاحات حـول ظاهرتي الكهربائية والمغناطيسية) ما يلي:

> **((لعلّي المسـؤول هنا عن إلقاء الكثير من ظلال الشـك على حقيقة ما اكتشفه (السيد امبـير) وعلى ما أسـماه بـ(قانون الفعل الكهربائـي) وبالطريقة التي ذكر هو بها تجاربه ووصف بها ما تم القيام به بالفعل. لقد ذكر فقط (ولم يكشف لنا) الطريقة التي مكنته من التوصـل إلى ذلك الاكتشاف، أضف إلى ذلك إقدامه على إزالة كل الآثار التي خلفتها الآلات والأدوات والروافع التي ادعى أنه استعملها لبناء نموذجه الحقيقي قبل تشغيله أمام أعيننا)).**

لقد تجاوزت تطبيقات قانون امبير (صيغة الدوائر الكهربائية) التي تم التطرق والتركيز عليها في الجزء الأول من هذا الكتاب، حيث فسر (امبير) كذلك الطبيعة الرياضية للقوة المغناطيسية المرتبطة بتيارين كهربائيين. فعلى سبيل المثال وفي هذا المجال، كان (**امبير**) قد تمكن من إثبات تجاذب تيارين كهربائيين لبعضهما البعض، إذا ما سارا متوازيين وباتجاه واحد. وأنهما سوف يتنافـران إذا ما سارا باتجاهين متعاكسين، والحقيقة التاريخيـة تقول بتمكن (**امبير**) ومنذ عام (1820) مـن صياغة القانون الذي يحكم تصرف تيارين، إضافة إلى تمكنه من وضع العلاقة التي تربط تلك القوة بمقدار التيارين وبالاتجاهين النسبيين للسلكين الحاملين لهما. وعليه ومن الناحيـة العملية فإن القـوة المتولدة نتيجة مرور التيار الكهربائـي خلال السلكين ستكتسب

صفة **(قانون التربيع العكسي)** والذي ينص على تناسب تناقص مقدار القوة بين سلكين مع مربع المسافة الفاصلة بينهما، مع احتفاظ تلك القوة على تناسبها الطردي مع حاصل ضرب قيمتي التيارين الكهربائيين المارين خلالهما. هذا وتختلف مواصفات الجذب والنفر في الطبيعة وعند استخدام التيار الكهربائي المتردد مع مواصفاتهما عند وجود الكهربائية المستقرة.

لقد أثر (والد امبير) كثيرا عليه وكان قد ترك طابع شخصيته مميزا في حياته، فقد كان تاجرا ثريا اشترى لابنه مكتبة ضخمة عامرة وكان كثيرا ما يصحبه لشراء كتب أخرى على هواه، وغالبا ما شجعه على القراءة والاطلاع على كل ما رغبت به نفسه التواقة لتعلم كل شيء فلم يحرمه موضوعا تمناه. لقد تمكن (امبير) من حفظ واستظهار أجزاء كاملة من الموسوعة الفرنسية، كما استطاع أن يُعلم نفسه (نظرية الأرقام) واختط له منهاجا منظما للاطلاع بعمق على مؤلفات (اقليدس) بنفسه ودون طلب مساعدة من أي مدرس. لقد عكف على تعلم اللغة اللاتينية فقط ليستطيع قراءة كتب الرياضيات وليروي نهمه في الاطلاع على أعمال [ليونارد يولر (1707–1783) Leonard Euler] والذي غالبا ما فضلها ووصّفها كمرشد له للكتابة والتأليف.

وصف (جيمس هوفمن – James Hofmenn) توق (امبير) للمعرفة، وجانبا من شغفه للاغتراف منها في كتابه المعنون (اندريه ماري امبير – رجل التنوير والديناميكا الكهربائية) حين قال:

> **((لم توفر عائلة امبير – وبطريقة تقليدية – التعليم لكل أفرادها كما أنها لم تحرم أحد أبنائها منه، لقد كانت عائلة محافظة منغلقة بعض الشيء جاهدت على صقل شخصيات أبنائها على حب العلوم والتفاؤل باكتسابها كما حرصت على زرع روح التنوير والاقتداء وللانصياع لإيمان المذهب الكاثوليكي. لقد ولّد تصارع قوتي الإبداع وتوقع التميز مع الروحية العالية للعاطفة الدينية شداً عظيما على شخصية العبقري القادم ومهرت شخصيته بطابعها الذي لم تقو لا السنون الطوال على تغييره ولا القادم من تجاربه في الحياة على تحويله)).**

لقــد كان لحادثة إعدام ابيه بواسطة (المقصلة) خلال اضطرابات وأحداث الثورة الفرنسية ولما يناهز هو السادسة عشرة من عمره بعد، الأثر العميق على تصرفاته وإعادة هيكلة شخصيته، فصنعــت منه إنسانــا انطوائيا عازفا عن الاختلاط بالناس كارها للاطـلاع على أحوال العالم حتــى أنه جافى أصحابــه وخلّانه وقطع اتصالاته بأصدقائه وأعوانــه، وظل على تلك الحال لمــا ينيف عن العام الكامل... بعد تلك الفترة الحزينة التي قضاها في العزلة والتفكير والتأمل، يتذكــر (امبــير) بأن عاملين اثنين بل وملاكــين رحيمين كريمين هما (أمــه وأخته) اللتين كان لهما الأثر الأسمى في انتشاله من محنته وإنقاذه من حالات اليأس والبوس والكآبة التي كانت تُغرقــه حتى أم رأسه، ذلكما الحارسان كانا اللذان قد هدياه إلى استعادة اهتمامه بعلوم النبات ووقوعه في أحضــان غرام كتاب أمهات القصائد اللاتينيــة (CORPUS POETAVICM LATINORUM).

تــزوج امبــير وهــو في مقتبــل عمــره مــن الفاتنــة (كاثريــن انتونيتــا – Catherine Antoinette) والتــي اضطرمــت بينهما قصة حب تُوجت بزواجهما في عام (1799). يذكر (امبير) من خير ما يذكر؛ تلك السنوات الأربع التي كان قد قضاها برفقة زوجته وهما على خير حال من قمة نشوة السعادة ومنتهى تناغم الانسجام، وقد توج حبهما وأثمر لهما ابنهمــا اللــذان أسمياه (جين – جاك – Jean – Jacqes)، ولكن الصبي لم يكن يحمل فألا حسنا لأمه ففارقت الحياة بعد ولادته بوقت قصير في إحدى ليالي عام (1803) الليلاء.

نجح الابن (جين – جاك) في حياته التعليمية والعملية حتى أصبح من أعلام مؤرخي اللغات ونشوئهــا وتطورها. رزق (امبــير) بعد ذلك بابنة من زواج ثان له سرعان ما انتهى بالطلاق، وفي عــام (1827) تزوجت الابنة مــن أحد ضباط جيش (نابليون بونابــرت) الذي لم يكن يحسن معاملتها، وكثيراً ما كان يضربها بعد الإكثار من الشراب تلك العادة التي تملكته حتى أدمن عليها، فانجر على إثرها إلى المقامرة التي أدمن الخسارة معها أيضا. لقد كان ذلك الصهر العــاق مصدر آلام مريرة وحسرات شديدة (لامبــير) وسببا أساسيا لشقائه وكآبته نظرا لكثرة مشاكله ودوام استدعائه إلى مراكز الشرطة لاستجوابه.

تلاشـــت اهتمامات (امبير) العلمية وخبا نجم إبداعاته وإنجازاته بعد أن حقق أعظم نظرياته في خلال عشرينيـــات القرن التاسع عشر (1820s) بتوحيد حقلـــي الكهربائية والمغناطيسية واعتبارهمـــا وجهان لعملة واحدة، فبعد تلك الحقبة صـــار كثير الانطواء على نفسه وانكب على مراجعة ودراسة الآراء والعلوم الفلسفية وصار همه الوحيد التوصل إلى التصنيف الأمثل للعلـــوم الإنسانية، وهكذا أنهى (امبير) حياته كما بدأها منزويا متدينا خصوصا بعد أن رسُخ في قـــرارة نفســـه وثبت اعتقاده في ذاته أنه باكتشافه للكهربائيـــة كان قد توصل إلى اكتشاف (روح) المولى القدير (جل جلاله)، تبارك وتعالى علواً عظيماً عما يصفون[1].

كـــثرت ديونه في أواخر أيامه وعانى الكثير من المشـــاكل المالية التي لم تحسن أخته التصرف بها فزادت طينتها بلة بكثرة الاقتراض وإصرارها على الاحتفاظ ببهرج قصرهما الكبير الذي ورثاه عن عائلتهما.

تدهـــورت صحته بشدة وبسرعة خلال عام (1829) حتى صار كثير الشكوى من نوبات شديـــدة ومتأزمة من السعال والتهاب القصبـــات الهوائية والتي لازمته حتى نهاية عشرينيات القـــرن التاسع عشر (1820s). طفق أطباؤه لمعالجته بوضع (دود العلق)[2] على جلده والذي صار يمتص دمه بكثرة وبشراهة أسلمته إلى حالة يرثى لها من الضعف والعجز نتيجة فقر الدم المفقود إلى أحشائها.

ظـــل (امبير) يصارع المرض والضعف زمنا طويلا إلى أن أُفِل نجمه وطُويت صفحته وتاقت روحه إلى لقاء بارئها فوافاه أجله المحتوم في ليلة باردة من ليالي عام (1836).

لقد أُعجب (اللـــورد كلفن – Lord Kelvin) صاحب درجات الحرارة المطلقة المسماة

(1) ((سبحان ربك رب العزة عما يصفون)) سورة الصافات. الآية (180). (المترجم).

(2) leeches – وهـــي أحد أنـــواع الديدان الطفيليـــة (parasites) وكثيراً ما تستخدم لفصد الدم. وتنتمـــي إلى صنف الديدان المسطحة (Annelida) ومنها ما تعيش في التربة أو المياه المالحة أو المياه العذبة. لها جزء أمامي يسمى (الخطم – Oral Sucker) يلتصـــق بجســـم الكائن المضيف، بعضها فقط يعتبر ماصاً للدم ولها قابلية إفـــراز مادة مخدرة كي لا يشعر بها المضيف، كما تفرز مادة مضـــادة لتجلط الدم تسمى (أنـــزيم الهايرودين – Hirudin) وتسقط عن جسم المضيف من تلقـــاء نفسها متى ما امتلأت منه دماً. (المترجم)

باسمه، أيما إعجاب بشخص (امبير) وبإنجازاته العلمية وبشخصيته المتوازنة والتزامه الديني الذي لم يكن لِيُشُقَّ لأي منها غبار وعمل جاهدا لتخليد ذكراه ونجح فعلا بإطلاق اسمه تيمنا بـه واحتراما له وتقديرا الصاحبه على وحدة التيار الكهربائي، والتي صارت مذ ذاك تعرف بوحدة (الامبير – Ampere) تبجيلا له.

لقد أُضيف اسم امبير كذلك إلى سجل الخالدين حينما نُقش مع أسماء العلماء الفرنسيين الاثنين والسبعين الذين زين بهم العالم الفرنسي والمهندس الجليل (جوستاف ايفل – Gustave Effel) روافد برجه الشهير في باريس والذي يحمل اسمه إلى اليوم (كبرج ايفل).

انظر كذلك مدخل – قانون كولوم للكهربائية المستقرة – في الجزء الثاني من هذا الكتاب.

كتب (اوريلي – O'Reilly) و (والش – Walsh) تخليدا لأهمية العبقرية التي حملها (راس امبير) فوق كتفيه ما يلي:

((لم يُنجب القرن التاسع عشر رجلا اثار الجدل والاهتمام اكثر من(اندرييه– ماري امبير)... والذي يوصف اليوم وبحق بكونه الموجد الحقيقي لأسس وتطبيقات علوم الديناميكية الكهربائية. لا يعاب على (امبير) نشأته المتواضعة الخجولة الهادئة في صباه... لأنه استطاع بعد ذلك تجاوز ذاته وجاهد على تطوير إمكانياته... حتى صار من أوسع الرجال اهتماما وأغزرهم اطلاعا وأكثرهم إنتاجا فكرا وتطبيقا وفي حقول متعددة من العلوم وفي مجالات ثرة من مجالات الحياة... لقد وصفه (دومنيك اراكو – Dominique Arago)[1] ذات مرة وبإعجاب شديد لاكتشافه طبيعة ظاهرتي الكهربائية والمغناطيسية بقوله: لم يشهد تاريخ العلوم الفيزيائية – على طوله وثراء تاريخه – ما شهده لاكتشاف (امبير) المبدع، فلم يسبق أن مر له في سجلاته مثل ذلك

(1) Dominique Arago – [فرانسوا جين دومينيك اراكو (Dominique Arago(1786-1853 Francois Jean] رياضي وفيزيائي وفلكي وسياسي فرنسي (من مقاطعة كافا لوينا). كان أكبر أربعة أولاد لمدير مكتب ضرب المسكوكات. هاجر إلى الولايات المتحدة وصار جنرالا في الجيش المكسيكي، أعجب بسلاح المدفعية وحاول تعيين (خطوط الزوال). (المترجم).

الإنجاز اللامع الذي استطاع أن يحوز على كل ذلك الفهم ويتمتع بكل تلك التجارب والإثباتات وأن يتم كل ذلك بسرعة قياسية، كما تم (لامبير) وقانونه)).

لقد ساورت (أمبير) بعض الشكوك والترددات بخصوص صلابة إيمانه خلال الفترة المظلمة والرهيبة التي صاحبت الثروة الفرنسية، ولكنه استطاع – (حسب ما ذكره اورلي ووالش) – أن يستعيد رباطة جأشه ويعيد نور الايمان إلى قلبه حتى صار من أعلام الكاثوليكيين الأصحاء في زمانه، فلم يكن قد أمضى يوما دون الذهاب إلى الكنيسة للصلاة أو التفكير في ذلك، أما أحب صلواته إلى قلبه فكانت صلاة (روزاري – Rosary)[1]

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Darrigol, Olivier. *Electrodynamics from Ampere to Einstein* (New York: Oxford University Press, 2000).

Hofmann, James. *André-Marie Ampère: Enlightenment and Electrodynamics* (New York: Cambridge University Press, 1996).

James, Ioan. *Remarkable Physicists: From Galileo to Yukawa* (New York: Cambridge University Press, 2004).

Maxwell, James Clerk. *A Treatise on Electricity and Magnetism*. (London: Macmillan, 1873).

O'Reilly, Michael, and James Walsh. *Makers of Electricity* (New York: Fordham University Press, 1909)

Williams, L. Pearce. "Andre-Marie Ampere," in *Dictionary of Scientific Biography*. Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• **يتفق الجميع أنه لا يوجد في صلب أي قانون، وإن أمعنا في تشريحه ودراسته ما ينم عن السببية حول الظاهرة التي يفسرها [أي (لِمَ) هي هناك و/أو (لِمَ) تتصرف كذلك]، وإن كان يحوي بين طياته**

(1) Rosary Based Prayers – هي صلاة وتراتيل كاثوليكية رومانية تقام باستخدام (المسبحة) تمجد عيسى المسيح (عليه السلام) وأمه البتول مريم العذراء (عليها السلام) والآب. أوجدها الأب البابا (بيوس الخامس Pius V)، في القرن السادس عشر من خمسي عشرة (خرزة أو حبة) كل حبة بترتيلة وظلت كما هي حتى القرن العشرين حتى جاء البابا (جون بول الثاني – Pope John Paul II) والذي زاد على حباتها ولم يحذف من أصلها. (المترجم).

أكثر من مجرد وصف لهذه الظاهرة أو تلك.

يتفق الجميع على صحته لأنه - وبما جُبل عليه وبالنظر لوضوحه - جميل ورشيق وبسيط. ولكن لا أحد يتفق على إطلاق صلاحية كل قانون واكتمال سرمديته في كافة الحالات، وعلى مر الأزمان والأمكنة مطلقا. هناك على الدوام شيء ما من عدم الدقة يكتنفه (أو لنقل مقداراً من قلة الحقيقة داخله)، وهناك دائما شيء باق من هالة الغموض حوله والتي ستظل تؤكد لنا وعلى مر العصور وباستمرار نضج الأفكار وتطورها بأن هناك دائما مايمكن إضافته إلى هذا المبدأ، أو عمله لتحسين تلكم القاعدة... أو إضافته لتصحيح ذلك القانون... ما دام الإنسان حياً.

كليك

James Gleick، Genius، Life & Science of Richard Feynnan
quoting Richard Feynman's The Character of Physical Law

من اقتباس في كتابه (العبقري، حياة وعلم ريتشارد فينمن) عن كتاب (صفات القانون الفيزيائي) ليفنمن.

• لابد أن يكون القانون العلمي قابلا للاختبار والقياس من حيث المبدأ، ولكن ليس عليه بالضرورة أن يكون خاضعا لهما عمليا، آخذين بنظر الاعتبار حدود وإمكانيات قابلياتنا التكنولوجية فليس من المستغرب - أحيانا - أن يتطلب منا إثبات نظرية... أو التحقق من قانون فيزيائي مرور عقود عديدة. والحقيقة التي أمامنا تؤكد لنا أن النظرية الذرية - التي بين أيدينا اليوم - كانت قد احتاجت إلى قرون لإثباتها وإقرارها.

سيكفريد

Tom Siegfried، (A Great Unravding)، New York Time Book Review، September 17،2006.

من كتابه (الكشف العظيم).

• كلانا على يقين أن هناك ملايين من القراء الذين هم على استعداد لتأكيد تفهمهم واستفادتهم من قراءة روائع (سكسبير)... دون أن يكون لديهم أدنى استعداد (لتضييع) أوقاتهم وما قد يحصلون عليه من جراء اطلاعهم على... أو سماعهم بـ.. قانون الكيمياء هذا أو معادلة الفيزياء تلك...

وقد أوافقك الرأي تماما على استحالة الاستفادة من أي منهما في زيادة حصيلة مضارباتك في أسواق

الأســهم – (لأنهما ببســاطة مهتمان بالكشــف عن أسرار الكون التي لا يزال يحتفظ لنا بالكثير منها إلى اليــوم والتــي لن يؤثر إلا جزء صــغير منها في حياتك مباشــرة)... ولكن إذا ما كنت على اطلاع ضــئيل على القانونين الأول والثاني (للديناميكا الحرارية) فإنك حتماً ستتوصــل من خلالهما – وعن يقين – إلى الاستنتاج بأن أي استثمار في مجالات الآلات الحرارية (دائمة) الاشتغال سيكون ضَربا من الانتحار.

انكرام

Jay Ingram، The Barmaid's Brain and Other Strange Tales from Science.

مقتطف من كتبه (عقل النادل.... وقصص علمية غريبة أخرى).

• ليــس لدينــا أي مبرر للمطالبــة أو افتراض ضرورة زيادة مقدار دقــة أي قانون فيزيائي عن جزء واحــد مــن (10) مرفوعة إلى(القــوة 120) من الأجــزاء. لأن أي القانون وعند مقــدار (دقة) أكبر من القيمة الهائلة المذكورة سوف لن يمثل إلا هراءً.

دافيز

Paul Davies، Laying Down the Laws، New Scientist.

من مقالته - صناعة القوانين.

قانون أوم للمقاومة الكهربائية

OHM′ LAW OF ELECTRICITY

ألمانيا، 1827

تتناسب شـدة التيار الكهربائي المار خلال أي موصل طردياً مع قوته الدافعة الكهربائية، وعكسياً مع مقاومة ذلك الموصل.

محاور ذوات علاقة

قانـون رولانـد (ROWLAND′S LAW)، وقانـون بويسيـل لانسيابيـة الموائـع (POISEUILLE′S LAW OF FLUID FLOW)، وقانـون فوريبـة للتوصيـل الحـراري (FOURIER′S LAW OF HEAT CONDUCTION)، وجيمـس كلارك ماكسويـل (JAMES CLERK MAXWELL)، وهمفري ديفي (HEMPHRY DAVY)، وإسحاق نيوتـن (ISAAC NEWTON)، وجوزيف هـنري (JOSEPH HENRY)، وعائلة برنولي (THE BERNOULLI FAMILY).

من أحداث عام 1827

– توفي في هذه السنة كل من المؤلف الموسيقي الألماني العبقري لدوفك فون بتهوفن، (Lodwick Von BETHOVEN) والشاعر الإنجليزي الفذ وليم بلاك (William Black).

– تم توحيـد شركتي نقـل سكة حديد بلتيمـور (Baltimore) وأوهايو (Ohio) فأصبحتا شركـة واحـدة (B & O) وهي الأولى من نوعهـا التي استطاعت تقـديم كل خدمات النقل التجاري والشحن البري في كامل أنحاء أمريكا الشمالية.

نص القانون وشرحه

يُفصح (**قانون أوم**) عن نفسه بعدة أشكال، ومن بين تلك الأشكال نصه الصريح على **تناسب كميـة التيـار الكهربائي المنتظم (I) في أي دائرة كهربائية: طردياً مـع الفولتية (V)** والتي تسمى أيضاً

(القوة الدافعة الكهربائية – The Electromotive Force) المسلطة عليها لتخطي مقاومتها، وعكسياً مع قيمة تلك المقاومة (R)، وعليه يمكن صياغة قانون أوم بالشكل الآتي:

$$I = V/R$$

لقد أثبت قانون (أوم) الذي تم اكتشافه في عام (1827) صموده وصحة توقعاته وعلى مديات واسعة من التجارب التي شملت قائمة طويلة ومتنوعة من المواد. فعلى سبيل المثال وكما توضحه المعادلة أعلاه، فإن في مضاعفة قيمة فرق الجهد الكهربائي (Potential Difference – V) والذي قد يسمى أيضاً بمقدار الفولتيه أو مقدار القوة الدافعة الكهربائية (Electromotive Force) على نهايتي وصلة سلك، (والمقاس بوحدة الفولت) فإن كمية التيار الكهربائي(I) المار خلاله ستتضاعف أيضاً. وعليه فإن مضاعفة قيمة مقاومة ذلك السلك (مع الاحتفاظ بقيمة القوة الدافعة الكهربائية أو الفولتيه على نهايتيه ثابتة) ستؤدي إلى اختزال مقدار التيار الكهربائي المار خلاله إلى النصف. علماً أن وحدة المقاومة هي **(الأوم)** نسبة إلى اسم المكتشف.

لقد أثبتت مئات التجارب وآلافها ثبوت قيمة مقاومة المواد المختلفة وضمن نطاق واسع من قيم (القوى الدافعة الكهربائية) ومقادير التيار المارة خلالها على شرط ثبوت درجات حرارتها.

وتنطبق هذه المعادلة في حالة وجود التيار الكهربائي المتردد أيضاً شريطة إجراء بعض التعديلات المناسبة على متغيراتها. فعلى سبيل المثال ينطبق **(قانون أوم)** على تصرف دائرة كهربائية يكون مصدر قوتها الدافعة الكهربائية (فولتيه مترددة AC Current) ويمكن استخدام ذات القانون (I=V/R) ولكن باعتبار معدل الجذر التربيعي [Root Mean Square (rms)] لكل من القوة الدافعة الكهربائية (V) والتيار (I). ومن تعريف التيار الكهربائي المتردد (AC) نتوقع تغيّر مقدار القوة الدافعة الكهربائية (V) على طرفي المقاومة في دوائره، بأسلوب جيبي منتظم (Sinusoidal) متوافق تمام التوافق مع التيار المار بها. وبعبارة أوضح فإن كلا الفولتيه والتيار سيصلان إلى نهايتهما العظمى والصغرى بتوافق تام وفي ذات التوقيت.

وبالمفهوم نفسه وبإضافة بعض التعديلات، يمكننا تطبيق قانون أوم (بعد إعادة صياغته) على

القـوى الدافعة المغناطيسيـة (Magnetomotive Forces) والتي نواجهها في الظواهر التـي تـؤدي إلى نشوء الحقول المغناطيسية. وبصورة عملية، يمكننـا تحوير القانون قليلاً حتى يمكن تطبيقه على قيمة النسبة الثابتة ما بين القوة الدافعة المغناطيسية (mmf) ومقدار الفيض المغناطيسـي (Magnetic Flux) المقاس ضمن دائـرة مغناطيسية معينة. فعلى سبيل المثال يمكننـا إعادة صياغة (قانون أوم) السابق للقوى الدافعة الكهربائيـة وتحويله إلى (قانون أوم) للقوى الدافعة المغناطيسية بإبدال رموزه الكهربائية إلى رموز مغناطيسية وعلى الشكل الآتي:

$$mmf = \Phi Я$$

حيث تمثل mmf – القوة الدافعة المغناطيسية لحقل مغناطيسي معين

و Φ – مقدار قيمة الفيض المغناطيسي لذلك الحقل.

و Я – (المعارضـة – Reluctance) وهـي مقـدار ميـل الحقـل المغناطيسـي لفقـدان مغناطيسيته أو مقدار مقاومة حقل ما لاكتسابها.

وممـا تجدر الإشارة إليه هنا هو وجـود اختلاف جذري بيّن ما بين تطبيق (قانون أوم) على الدوائـر الكهربائية وما بين تطبيقه على الدوائـر المغناطيسية، فمن المعلوم أن مقدار معارضة (Reluctance) أي مـادة لتغـيرات الفيضـ المغناطيسي المفروضة عليها تتغـير بتغيّر شدة تركيـز ذلـك الفيض المار خلالها، الأمـر الذي يجعل من العلاقة السابقـة (mmf = ΦЯ) علاقـة لا خطية. ويمكن تقريب التعبير إلى ذهن القارئ الكريم، بتصورنا ما يحدث في دائرة كهربائية اعتيادية، ينطبق عليها قانون أوم السابق (V=IR) مع إبدال المقاومة (R) الثابتة إلى مقاومة متغـيرة (R̀) تتغير بتغيّر منسوب التيار الكهربائي المـار خلالها. يطلق على المعادلة السابقـة (mmf = ΦЯ) والتي تعني (مساواة القوة الدافعة المغناطيسية في دائرة مغناطيسية مـا لحاصل ضرب مقدار كثافة الفيض المغناطيسي فيها مع مقدار معارضتها لاكتسابه)، اسم (قانـون رولانـد – Rowland's Law) وذلك نسبة إلى العالم [هـنري أوغسطس رولاند (1848–1901) Henry Augustus Rowland] والحاصـل علـى مركـز الأستاذية الأول في الفيزيـاء من جامعة جونز هوبكنز (Johns Hopkins) الأمريكية والذي عُرف

بكونــه عالماً تجريبياً لامعاً أجرى العديد مــن الأعمال والاختبارات شملت حقلي الكهربائية والمغناطيسية.

كمــا أن هناك (قانــون أوم) آخر خاص بالتأثــيرات الصوتية، والذي يربــط العلاقة ما بين الضغط الذي تسببه الموجات الصوتية (Sound Pressure) وما بين الحث الصوتي للهواء (Acoustic Impedance) ومقــدار إزاحــة جزيئاتــه (Particle Velocity) وشدة الصــوت (Sound Intensity). يعنــي بالإزاحــة الجزيئية عندما يتعلــق الأمر بالموجات الصوتيــة العابرة خلال الهواء – سرعة جزيئات الهــواء في ذبذبتها ذهاباً وإياباً في اتجاه مرور الموجة الصوتية عندما تعبر في سفرها خلال الهواء.

وقُبيــل الاسترســال في بحثنا بخصوصــ (قانــون أوم) وتطبيقاته، لابد لنا مــن إيضاح بعض المصطلحــات لتعم فائدة الشــروع والاستفاضة. فخذ على سبيل المثــال مصطلح (المادة الموصلة Conductor) الذي غالباً ما يستخدم لإيضاح وتفسير القانون المذكور، وهي تعني ذلك الجزء المحــدد من الدائرة الكهربائية التي سيتم قياس القوة الدافعة الكهربائية (أو الفولتية) على طرفيه. ونعنــي بالمقاومــات (Ressitors): مواد موصلــة (Conducors)، عملهــا الأساسي تقليل انسيابية الكهرباء عبرها لمقدار محدد. وإذا أردنا التوضيح بمثال فسنقول إن مقاومة معينة لها قيمة (مقاومــة عالية) في حدود 20 ميــكا أوم (أي 20 مليون أوم) تعتبر موصلاً رديئاً للكهرباء. وفي عالم الإلكترونيات الحديثة صارت (المقاومات) غالباً ما تصنع من مواد نانوية التركيب من أنواع اللافلزات بطريقة تجعلها تامة الانصياع (لقانون أوم). وقد يطلق اسم (مواد–أوم–أو قطع –أوم) علــى الكثير من المواد والمقاومات المصنوعة من الفلــزات أو اللافلزات والتي لها قابلية التصرف ضمن نطاق ذلك القانون وضمن حيز واسع جداً ومديات متفاوتة ومتباينة من درجات الحرارة. ومــن الجدير بالذكر تمكــن كل من العالم الفيزيائــي الاسكوتلاندي [جيمــس كلارك مكسويل James Clerk Maxwell (1831–1879)] والعالم الرياضي الإسكوتلاندي [جورج كرايستل George Chrystal (1851–1911)] لاحقــاً من إثبــات حقيقة صحة (قانون أوم) حتى بلوغ التيارات الكهربائية درجاتها القصوى القادرة على قطع وصهر الأسلاك الكهربائية في دوائرها.

تُعـرَّف المواد (الأومية – Ohmic Meterials) بأنهـا المواد تامة الانصياع (لقانون أوم) المذكور بأنها تلك المواد التي لا علاقة لمقاومتها المنصوص عليها في القانون (I=V/R) لا بالتيار المـار في دائرتها الكهربائية ولا بالقوة الدافعة الكهربائية لها. بعبارة رياضية فإن أي موصل لا يعتبر خاضعاً لـ(قانون أوم) ما لم يكن منحنى علاقة قوته الدافعة الكهربائية –أي فولتيته– بتياره علاقـة خطية تامة، وعليه يمكننا الاستنتاج أن العلاقـة المعروفة بـ(R=V/I) للمقاومة، لا تمثل بذاتهـا إحدى علاقات (قانون أوم) وإنما تعني –وبأبسـط صورها– تعريفاً للمقاومة في دائرة موصلة سواء انصاعت تلك الدائرة لذلك القانون أم لا. وعليه أيضاً وبرسم منحنى علاقة القوة الدافعة الكهربائية بالتيار المار في لمبة إضاءة مصباح اعتيادية، تستنتج عدم خضوع (شُعيرتها) المتوهجة لهذا القانون بالنظر لعدم تمتع المنحنى المرسوم لها بالصفة الخطية.

ولنـا في سياق الحديث هنـا أن نعرج على علاقة المقاومة بدرجة الحـرارة التي تهم العلماء كثيراً في دوائرهم الكهربائية على اختلاف أنواعها وتغاير غاياتها، رغم الحقيقة القائلة إن هذا النقاش لا يعتبر من جوهر حقيقة (قانون أوم) موضع البحث.

ولنا هنا –وكمراجعة بسيطة– أن نقول: إنه بزيادة درجة حرارة أي موصل فإن عدد الاصطدامات الحادثـة ما بين جزيئاته وذراته سوف تـزداد (أي أن العلاقة بينهما طردية). وبالاستناد إلى النموذج الكلاسيكي لأسلوب التوصيل الكهربائـي، فإن مقدار مقاومة أي جسم موصل للكهرباء يتناسب عكسيـاً مـع معدل طول خـط المسار الحر (للإلكترونـات في ذلك الموصل) الفاصـل ما بين ذراته المتصادمة. وكما نعلم فإن ازدياد درجة حرارة موصل ما سيؤدي حتماً إلى زيادة شدة تذبذب ذراته، الأمر الذي يعني –بالضرورة– إنقاص مدى معدل المسار الحر لإلكتروناتها في مجال حركتها، الأمر الذي سينعكس وجوباً على زيادة مقاومتها. وهذا سيؤدي أيضاً إلى تقلص قابلية سريان الإلكترونات دون ملاقاتها للتداخل والإعاقة نتيجة اصطداماتها المتعددة بذرات وجزيئات مادة السلك الموصل ذاته لـدى ارتفاع درجة حرارته. أمـا اليوم، وبرغم نجاح (النظرية الكلاسيكيـة) للتوصيل السابق شرحهـا في التنبـؤ بتفاصيل (قانون أوم) إلا أنهـا كانت ومنذ زمن، قد أخلـت موقعها لنظرية أكثر حداثـة ودقة في تفسير ظاهرة التوصيل، تعتمـد كلياً على مبادئ (ميكانيـكا الكم Quantum

Mechanics) وهي بالفعل أكثر دقة في تفسيرها لاعتماد ظاهرة المقاومة على درجات الحرارة.

تعتمد مقاومة (مواد أوم) على درجة الحرارة بطريقة يوضحها القانون الآتي:

$$R = (L/A) \times \rho = (L/A) \times \rho_0[\alpha(T - T_0) + 1].$$

وهنا يمثل L – مقدار الطول الثابت للمادة الموصلة

و A – مقدار مساحة مقطعها

و T – درجة حرارتها مقاسة بدرجات (كلفن) المطلقة.

و To – أي درجة حرارة ابتدائية يشرع منها القياس

و ρ_0 و α – ثابتان يعتمد في مقداريهما على مواصفات المادة الموصلة ذاتها.

(راجع الجدول رقم 7 في أدناه للتعرف على بعض قيم قابلية المقاومة – Resistivity ρ) وبعض (معاملات الحرارة – Temperature Coefficients ∝) لبعض المواد).

Material	Resistivity ρ at 20° C (Ω.m)	Temperature Coefficient ∝ at 20° C (per °C)	إسم المادة
Silver	1.6×10^{-8}	3.8×10^{-3}	الفضة
Copper	1.7×10^{-8}	3.9×10^{-3}	النحاس
Aluminum	2.8×10^{-8}	3.9×10^{-3}	الألمنيوم
Tungsten	5.5×10^{-8}	4.5×10^{-3}	التنكستن
Iron	10×10^{-8}	5.0×10^{-3}	الحديد
Lead	22×10^{-8}	4.3×10^{-3}	الرصاص
Mercury	96×10^{-8}	0.9×10^{-3}	الزئبق
Carbon	3.500×10^{-8}	-0.5×10^{-3}	الكربون
Germanium	0.45	-48×10^{-3}	الجرمانيوم
Silicon	640	-75×10^{-3}	السليكون
Wood	10^{8} to 10^{14}	–	الخشب
Glass	10^{10} to 10^{14}	–	الزجاج
Hard rubber	10^{13} to 10^{16}	–	المطاط الصلب

توجد اليوم الكثير من المواد المصنعة التي تبلغ قيمة مقاومتها الكهربائية (صفراً) عند حد درجة حرارة معينة تسمى [درجة حرارتها الحرجة – Tc(Its Critical Temperature)]، ويطلق على هذه الظاهرة اسم ظاهرة (التوصيل الفائق – Superconductivity) والتي

كان قـد اكتشفها في عام (1911) العالم الفيزيائـي الدنماركي الحائز على جائزة نوبل (هيك كمرلنك أونـز (1853–1926) (Heike Kamerlingh Ones). وتبلغ تلك الدرجة التـي يصبح فيها معدن الألمنيوم مثلاً، فائـق التوصيل للكهربائية، بمعنى تصبح مقاومته لمرور التيـار الكهربائـي خلاله صفراً تماماً، (1.2) درجة حراريـة مطلقة على مقياس كلفن. وتجد تلـك الظاهـرة الفريدة التفسير المقنع ويمكـن فهمها بالاستناد إلى نظريـة (ميكانيكا الكم – Quantum Mechanics) أو (ميكانيكا الكميم) إن شئت.

لقد تطـور حقل دراسات المواد فائقـة التوصيل للكهربـاء (Superconductivity)، وتمكن العلماء ببحوثهم الحديثة المستمرة من إيجاد مواد فائقة التوصيل للكهربائية وبدرجات حرارة عاليـة نسبياً، الأمر الذي دفع (أنتوني أندرسـن Antony Anderson) إلى كتابة مزحته الآتية في مجلة (نيوسينست) وتوقعه لواقع حال اختفاء (الأوم – Ohm) في المستقبل نتيجة لانتشار وتوسع استخدام المواد فائقة التوصيل حين قال:

((سيأتي –إن عاجلاً أم آجلاً– اليوم المنشود الذي ستتلاشى فيه المقاومة الكهربائية من جميع الماكنات والمعدات التي تعمل بالمحركات الكهربائية وستصـبح وصلاتها مثالية وبلا أدنى مقاومة، وعندئذ سـنقوم فرحين بوضـع (الأوم) بعد نـزع كبريائه عنه على الـرف، فلن يتمكن بعد ذلك من مصـاحبة رفيقي دربه الأزليـين (الفولت) و(الأمبير) وسيعم الخير علينا ولن ندفع فواتير كهرباء باهظة وإنما سندفع (ملاليم) و(أفلاس) قليلة في حين ننعم بحياة (كهربائية) فاخرة في عالم أحلام –لا أروع ولا أبدع–، ولكنني على يقين من ضرورة احترازنا وحرصـنا على أن (لا ننفي) الأوم المسكين بعيداً وألاّ نطمره عميقاً فقد نحتاجه لسبب أو لآخر هنا أو هناك، وواقع الحال سينبئنا بحاجتنا إليه عندما ستحيط بنا درجات الحرارة المدتنية جداً (واللازمة لإدامة ظواهر التوصيل الفائق) من كل جانب وصوب، عندها سنتذكر عزيزنا (الأوم) وسنهرع إليه لإعادته إلى أحضاننا فسنكون عندها في أمس الحاجة إليه معنا في شتاء بارد جنب مدفأة زيتية ساخنة أو نلفه بحب وشوق في داخل أغطيتنا الكهربائية الحانية)).

إن لقانون (أوم) أهمية كبرى في تقدير مدى خطورة تعرض الجسم البشري لحالات الصعقات الكهربائية على اختلاف مصادرها وأنواعها ويمكننا القول –بصورة عامة– إن خطورة أي صعقة كهربائية على الحياة واحتمال تسببها في الوفاة تعتمد على شدة التيار فهي تزداد بزيادته. تُحتسب كمية التيار المار خلال الجسم البشري عن طريق حساب مقدار (القوة الدافعة الكهربائية المسلطة عليه (بوحدة الفولت) بين نقطتين من نقاطه مقسومة على مقدار مقاومته لها. وعليه يمكننا الاستنتاج أن مقدار ما يمكن لجسم بشري تحمله من (فولتية) كهربائية دون أن يتعرض إلى الموت بالفعل لتعتمد بالدرجة الأساس على مقدار مقاومة الجسم لها، وتلك قيمة متغيرة من شخص إلى آخر وقد تعتمد على مؤشرات خاصة بالجسم الواحد كمثل وجود الشحوم في منطقة الصعقة الكهربائية ومقدار كمية السوائل الموجودة في الجسم حينها، كما تعتمد على مقدار قابلية الجسم على التعرق (لأن العرق يحتوي على مادة ملح الطعام (كلوريد الصوديوم– Nacl) الموصلة أصلاً للكهربائية، وعلى مقاومة المنطقة التي تعرضت للصعقة. ويعلم الأطباء أن السبب الرئيس للوفاة نتيجة التعرض للصعقة الكهربائية ينتج عن القصور التنفسي (أو الاختناق) الناتج عن التداخل الكهربائي مع فاعلية عضلات التنفس في الصدر أو تأثيره على المركز التنفسي في الدماغ[1].

يزيد الجلد المبتل من احتمالية الصعقة الكهربائية فمقاومته لا تكاد تبلغ الألف (1000 أوم) أو أقل، في حين قد تزيد مقاومة الجلد الجاف لها نتيجة لمقاومته العالية نسبياً لها والتي قد تبلغ ما يقارب الخمسمئة ضعف(أي 500000 أوم).

إن لمثل هذه المعلومات أهمية بالغة لدى الجهات المشرفة على عمليات الإعدام باستخدام الكرسي الكهربائي، وكما جاء ذكره في البحث المقدم من قبل (ميشيل اس. مورس – Micheal S. Morse) بعنوان (تقرير بالنتائج والتوصيات) بعد زيارة موقع العقوبات

(1) (أو الاثنين معاً) علماً بأن أهم مصادر الخطر على الحياة من جراء الصعقة الكهربائية هو المتأتي من تداخل الكهربائية الخارجية مع الكهربائية المنتظمة اللازمة لتوليد وتنظيم ضربات القلب وإيصال الدم إلى الدماغ، الأمر الذي يؤدي إلى حدوث ارتجاف العضلة القلبية (Myocardiac Fibritation) وفشلها في توليد قوة الانقباض المنتظمة اللازمة لها لأداء عملها (المترجم).

المركزي في مدينة (ستارك - Starke) الواقعة في ولاية فلوريدا (Fl) الأمريكية، حين كتب يقول:

((لقد قمت، يصاحبني السيد (وشرت - Wiechert) بالقيام بالعديد من الفحوصات على آلة الإعدام الكهربائية. ابتدأنا أعمالنا بإجراء الفحوصات وقياسات مقدار القوة الدافعة الكهربائية (الفولتية) ومقدار التيار الكهربائي الناتج عنها في الآلة. أمكن ملاحظة وجود إناء كبير مملوء بالماء، تُغمر في داخله الأقطاب الكهربائية قُبيل القيام بعملية الإعدام وذلك لغرض التقليل من مقاومتها لدى مساسها لجلد المحكوم عليه بالإعدام. كما قمنا فعلياً بقياس مقدار مقاومة نقطة تماس الأقطاب مع الجلد فوجدناها تساوي ما بين (200 و 250) أوم فقط وهذا ما يضعها في المجال المناسب لإيصال كمية الكهرباء اللازمة في حالة الجسم البشري كما تم مشاهدته فعلاً خلال جلسات الإعدام)).

ومن الفوائد الاقتصادية لتطبيقات حساب ودراسة مقدار المقاومة الكهربائية، استخدامها لقياس ومراقبة درجات التآكل المعدني التي تتعرض لها باستمرار الأنابيب المعدنية الضخمة المدفونة تحت الأرض ولملايين الكيلومترات حول الأرض أو تحت سطح البحار والمحيطات لغرض نقل أو تصدير النفط الخام ومشتقاته والغاز الطبيعي أو حتى لحماية الدروع المعدنية لبعض الأجهزة الحساسة تحت المياه مثل كابلات الاتصالات المحورية بين القارات. ويعتمد مبدأ تلك المراقبة على حقيقة تغير مقدار المقاومة الخالصة للأسطح المعدنية نتيجة لخسران جزء من كتلتها بتحولها إلى أملاح هشة نتيجة التقادم و/أو الصدأ. وعليه فقد تم اختراع وتصميم أجهزة تعقب وقياس خاصة بمراقبة مقدار التآكل تزرع بصورة دائمة على الأنابيب المعدنية وعلى مسافات معلومة وتوصل أقطابها بمحطات مراقبة تُبنى خصيصاً لذلك الغرض لتوفير معلومات مستمرة عن حالتها. كما توجد أجهزة محمولة يمكن إيصالها كهربائياً بالأنابيب العملاقة لجمع وتحليل المعلومات عن سلامتها من التآكل و/أو التلف وعند اقتضاء الحاجة لذلك.

ولمزيد من الحقائق حول تطبيقات قانون أوم (أو مشابهاته) في حقول العلم الأخرى.. راجع مدخل (**قانون بويسيل لجريان الموائع** - Poiseuille´s Law of Fluid Flow)

لاحقاً للاطلاع على تفاصيل قانون مشابه لـ(قانون أوم) يتعلق بتطبقاته على جريان السوائل خلال الأنابيب الأسطوانية ذوات المقاطع المنتظمة. وعند تطبق **(قانون بويسيل)** سنرى أن هبوط ضغط المائع في الأنبوب سيشابه (هبوط الفولتية أو القوة الدافعة الكهربائية)، كما سيشابه معدل جريان السائل فيه كمية التيار الكهربائي المار عبر الأسلاك الموصلة.

للفضوليين فقط

• صادف الحظ وعلى مر الأزمنة والعصور أن يذوّق كل ذي تفوق وإباء الأمرين... زاد ذاك المرار أم نقص!! لقد اكتشف (جورج أوم) واحداً من أعظم القوانين الأساسية في حقل الكهرباء أهميةً على الإطلاق، إلا أن إهمال أصدقائه له واستسخافهم بأفكاره وأعماله، أودت به إلى براثن الفاقة يصارعها دون جدوى لأغلب فترات حياته، فتصرعهُ.

• لقد أطلق حسّاده وعذاله والمتعكزين على جهد التقوّلِ واللسان دون جهد الفكر والبيان على دوائره الكهربائية اسماً عكس احتقارهم لها ولموجدها هو (دوائر الخيال العارية).

أقـوال مأثـورة

– لديّ اعتقاد راسخ وإيمان وطيد بأن عظمة أي شيء لابد أن تكمن في بساطته.

أوم

George Ohm، quotel in Kenneth Canev (George Ohm)

قول مقتبس من سيرته الذاتية.

– يعتبر ما قام به (أوم) من الأعمال القليلة الخالدة عبر العصور والتي كان ولايزال لها إمكانية الصمود والمطاولة لوحدها دون حاجة إلى مدافع ولا ضرورة لمعين. وكلما تقدم بنا الزمان –وابتداء من اليوم– فإننا سنزداد إعجاباً بهذا القانون وبدقته، وبرهافة فكر واضعه، واحترامنا له ولصبره ولروحه الملهمة، وذلك لرحابة المساحات التي استندت وستستند على

ذلك القانون الصغير القصير الذي يعتبر مناراً عالياً هادياً وعلماً سامقاً راسياً ما بقي على هذه الأرض نَفَس مدرك واع.

لوك وود

Thomas Lockwood، 1891 preface to Ohm's (The Galvanic Circuit Investigeted Mathmatically)

من مقدمته لكتاب أوم القصير (الاختبارات الرياضية للدوائر الكهربائية الكلفانية).

ملخص لسيرة حياة المكتشف

ولـد الفيزيائـي الألمـاني [جـورج يوهـان أوم (1787-1854) (George Johann Ohm] والشهير بأعماله الباهرة حول خصائص القوة الدافعة الكهربائية وطبيعة المقاومة في الدوائر الكهربائية، في مدينة (إرلانجن - Erlangen) من مقاطعة بفاريا (Bavaria) التي تقع اليوم ضمن الحدود الألمانية.

كان (أوم) واحـداً من سبعة أشقاء وُلدوا لصانع الأقفـال الألماني (يوهان أوم - Johann Ohm)، لم يعشـ منهـم طويلاً إلا هو وأخوه (مارتن) الـذي درس الرياضيات حتى برع فيهـا وأصبـح أستاذاً، وأخته (اليزابث). لقد حرص الوالد الـذي كان حرفياً ماهراً اكتسب صنعته بالمراقبة والممارسة، على تعليم أولاده خير تعليم فكان يقضي الساعات الطوال معهم يعلمهم (مع حبه لهم) أصول الرياضيـات والعلوم والفلسفة. وبالنظر لمهارة الأب (يوهان) في التدريب وقدرته على حب أولاده وجذبهم إلى النهل من ينابيع المعرفة، فقد جرت العادة على مقارنة (عائلة أوم) (بعائلة برنولي) وهي عائلة سويسرية متميزة أنجبت ثمانية من فطاحل علماء الرياضيات خلال ثلاثة أجيال.

انخرط (أوم) في عام (1805) في جامعة مدينته (إرلانكن - Erlangan)، ولكن بدلاً من أن يقضـي وقته في الدراسة الجامعيـة الجدية المثمرة، صار يقضي أوقاته في اكتساب الأصدقاء والتمتـع بوقته كما يحلو للشبـاب أن يتمتعوا به. وهنا غضب أبوه عليـه غضباً شديداً وقطع

عنه مساعدته المادية وأجبره على ترك تلك الجامعة التي كان (يقتل) فيها جل وقته، الأمر الذي اضطره إلى السفر إلى سويسرا لغرض العمل وكسب لقمة العيش. استطاع (أوم) بذكائه ومهارته في الرياضيات الحصول على وظيفة مدرس رياضيات في إحدى مدارس مدينة (كوتاستات بي نيداو – Gosttstadt bei Nydau). استمر فيها مع دأبه على الاستزادة من علوم الرياضيات ذاتياً كلما وجد إلى ذلك سبيلاً. وقد أثمرت دراسته الخاصة وتطويره لذاته سريعاً، فاستطاع أن يعود إلى جامعته في (إرلانكن) والحصول منها على إجازة الدكتوراه في الرياضيات في عام (1811)، والتي قَبِلته محاضراً في نفس المادة فيها أيضاً. لقد اضطر (أوم) خلال تلك الفترة إلى تجرع مرارة الحاجة والفقر بالنظر لضيق ذات اليد التي تولدت لديه نظراً للرواتب المتدنية التي كان يتسلمها من الجامعة حتى اضطُر بعد ثلاث سنوات، وفي عام (1813) إلى قبول مركز أقل أهمية ووظيفة دون مستواه العلمي والأدبي في إحدى مدارس مدينة (بامبرك – Bamberg)، لا لشيء، سوى الحصول على أُجور تدريسية أجزى. واستمر يعمل مدرساً في تلك المدرسة –على مضض– حتى تم غلقها في عام (1816).

وفي العام التالي (1817) أثمر بحثه عن عمل إلى حصوله على وظيفة مدرس للرياضيات والفيزياء في مدرسة التربية البدنية للآباء اليسوعيين في مدينة (كولون – Cologne)، ولقد كانت تلك المدرسة مكاناً لا بأس به من الناحية التدريسية بالنظر للخدمات والمرافق التي كانت تتحلى بها، إلا أن مستواها العام والمستوى العلمي لخريجيها من الطلاب استمر في الاضمحلال خلال فترة وجود (أوم) فيها. وبالنظر لطموحه الشخصي وشخصيته التي جُبلت على المثابرة والتعلّم، فقد آثر الاستمرار في دراسته وتتبعه على انفراد من خلال استغلال كافة أوقاته في التحصيل والقراءة ومتابعة الكتب المنهجية لأعلام علماء الرياضيات والفيزياء الفرنسيين، إضافة إلى قيامه ببعض التجارب الخاصة به لإثبات آرائه وأفكاره العلمية إرضاء لفضوله ونزواته وعلى انفراد؛

كتب (كنث كانيفا – Kenneth Caneva) حول تلك الفترة من حياة (أوم) في مدخله من المؤلف القيّم (معجم سير العلماء الذاتية) ما يلي:

((لقد سأم (أوم) من كثرة محاضراته وتزايد طلابه ومشاكلهم. فلم يُرضِ التدريس أو الجو الروتيني في مدرسته طموحه ولم يُشبع تطلعاته العلمية، فقرر حينئذ- وقد تقبل واقع حاله، من ضيق ذات اليد (وضيق ذات الوقت)- تبني فكرة العزوف النهائي عن الزواج والامتناع التام عن الانخراط في أعبائه كما قرر اللجوء إلى الجانب العلمي والانكفاء عليه والتفرغ تماماً له، حتى يتمكن من إثبات ذاته أولاً، وأن يقدم شيئاً قيماً للعالم من حوله ثانياً، على أن يكون ذلك الشيء من الصلابة والقوة وحسن القبول ما سيمكنه من تسنم مواقع وظيفية أكثر جدارة وفي محيط أكثر ملاءمة له وأنسب لطموحه ولكفاءته)).

لم يتمكن (أوم) من نشر أول بحث له إلا في عام (1825) وقد كان بحثاً رصيناً رائعاً ضمنه تجاربه الخاصة التي توصل من خلالها إلى إثبات كيفية توليد (القوة الدافعة المغناطيسية – Electromagnetic Force) في سلك وكيف لها أن تقل كلما زاد طول السلك الذي تكونت حوله. لقد تشبع (أوم) بالمغناطيسية وأفكارها حتى أوصله حدسه يوماً إلى الاعتقاد أن على التيار المار في سلك موصل أن يتناسب مع القوة الدافعة المغناطيسية التي تولده عبر ذلك الموصل. وفي عام (1826) تمكن من نشر بحثين له ضمنهما التفسير والبرهان الرياضي على أسلوب التوصيل في الدوائر الكهربائية بالاستناد إلى نماذج (فورييه – Fourier) وقانونه في التوصيل الحراري. (راجع المدخل قبل السابق من هذا الكتاب).

وأخيراً وفي عام (1827) ظهر (قانون أوم) منشوراً في كتابه الموسوم (اختبارات رياضية للدوائر الكهربائية الكلفانية – Die Galvanische Kette، Mathematisch Bearbeitet) وقد ناقش فيه نظريته الخاصة في الكهربائية وقدم الأسس والقواعد الرياضية الشاملة لكامل هذا الحقل من المعرفة، وبذلك كان قد وضع الأسس الرياضية التي أوصلت الرياضي والفيزيائي الألماني (كوستاف كرشهوف – Gustav Kirchhoff) فيما بعد إلى وضع القانون المعروف إلى اليوم باسم **(قانون أوم)** والذي ينص على **تناسب كمية التيار الكهربائي المنتظم (I) والمار خلال مادة موصلة ما مع القوة الدافعة الكهربائية (V) المسلطة على طرفي تلك المادة وعكسياً مع مقدار مقاومتها (R)**. ومن الجدير بالاستدراك والذكر هنا أن العالم (همفري ديفي –

Hamphry Davy) كان قد درس وبحث صفات التوصيل لأطوال متغايرة من أسلاك، ولكن الفضل يرجع كاملاً لـ(أوم) في تمكنه من صياغة القاعدة الرياضية والقيام بالتجارب العملية التي أوصلت إلى اتخاذ هذا القانون لشكله النهائي كقانون رياضي رصين.

لقد جرته أحلامه وطموحاته إلى الاعتقاد بأنه بنشره لنظريته وقانونه سيكون محط أنظار الجامعات المرموقة التي ستتهافت عليه لتقديم عروض العمل المغري له لديها، ولكن أمله خاب أشد الخيبة، وأصابه المرار واليأس؛ إذ لم تتقدم أي جامعة بعرضها إليه، أضف إلى ذلك أن بحوثه وتجاربه لم تتمكنا من اقتناص حتى اهتمام الفيزيائيين الألمان أو تقديرهم له ولما قام به، بل على العكس من ذلك، وحسب ما أثبتته الأحداث فقد جزموا جميعاً بأن ما قام به (أوم) وما قدمه على أنه قانون جديد أو اكتشاف فريد، ما هو في الحقيقة -حسب رأيهم- إلا مكابرة رياضية قصد (أوم) من ورائها التقرب من مُسلّمات فيزيائية وحقائق طبيعية -سبق التعرف إليها- بأسلوب ملتوٍ مختلف وبحنكة رياضية مبتكرة لا تخلو من خبث، ليس إلا!!

لقد بلغ اليأس (بأوم) من سوء استقبال معاصريه لفكرته ونبذهم لقانونه واحتقارهم لشخصه مبلغاً آلم نفسيته، وجرح كبرياءه إلى العمق الذي حدا به إلى تقديم استقالته إلى عمادة كلية الآباء اليسوعيين في (كولون - Colonge) والتي كان يشغل منصب الأستاذية في الرياضيات فيها ولغاية عام (1828). لقد كان التطاول عليه شديداً والتجني عليه عتيداً إلى الدرجة التي حدا بواحد من منتقدي كتابه أن يكتب علناً في حقه مايلي:

> **((لا يعدو هذا العمل كونه جهداً شخصياً منتزع الجذور لا يمت إلى الفيزياء ولا للطبيعة بصلة، بل وعلى العكس هو يسيء إليهما أشد الإساءة.. يهينها ويهين فيزيائييها أشد الإهانة وفي الصميم)).**

أما وزير التعليم الألماني فقد قال كلمته الفصل، والتي كانت بمثابة المطرقة القاصمة الهوجاء، والضربة القاضية الرعناء على كل آمال الرجل وشخصه والطعنة النجلاء لكامل كبريائه وطموحه وذلك حين أعلن على الملأ: (**إن أستاذاً بهذا القدر من الصفاقة وقلة الإدراك والذي سمح لنفسه بتجاهل مبادئ الطبيعة وعلوم الفيزياء لا يستحق وبكل بساطة أن يكون أستاذاً لتدريس العلوم!!**).

نعــم... لقــد عاش (أوم) في فترة شهــدت أوروبا وبريطانيا خلالها ســوق عالم جليل مثل (إسحاق نيوتن) سوقاً إلى الجنون حينما انبرى إليه بضعة من الآباء الإنجليز اليسوعيين يناقشونه في نظريته في تكوّن ألوان الطيف، مدافعين عن جهلهم وآرائهم البالية متناسين نهضة الفكر ورجاحــة العقل التي كان يبزهم فيهــا، منتقصين من أدائه، مقللين من شأن تجاربه، مصممين علــى الاستمــرار في نقاشهم مصرّين على ذلــك مدة طويلة من الزمن دفعــت نيوتن دفعاً إلى مهاوي الانهيار العصبي، بل وأوشك فعلاً على الجنون.

استمــر (أوم) في صــبره وكفاحه فتقــدم في عــام (1883) لمنصب الأستاذيــة في مدرسة البوليتكنيــك في مدينة (نورنبرك – Nurenberg)، وقُبل بهــا وابتدأ دراساته وأبحاثه من جديــد فيها، وواضب عليهما أمــلاً في الحصول على شيء من الاحــترام أو التبجيل من قبل المجالس العلمية خارج التراب الألماني. داوم على ذلك، حتى اطّلع الفيزيائي الأمريكي ذائع الصيت (جوزيف هــنري (1797–1878) Joseph Henry) علــى أعماله، واعتبرهــا– بحق– طفرة علمية هائلة وقد أعجب بها أيما إعجاب بالنظر لدقتها العالية واتسامها بالوضوح والشفافية وعمق التفكير الذي امتازت به، والذي لابد أن يعتبر إضافة نوعية، بل طفرة نادرة في مجال علوم الدوائر الكهربائية!

قُيِّمت أعمال (أوم) وأبحاثه أخيراً، بعد تلك الفترة المرة المظلمة في حياته، والتي عاش خلالها منسياً مركوناً منطوياً على نفسه وأفكاره، وذلك بمنحه الميدالية الشرفية المسماة بـ(ميدالية كوبلي – Copley) وذلــك في عام (1811) وتم الاعــتراف به عالماً، وبأعماله إبداعاً وذلك من قبل الجمعيــة الملكية ولكن بعد ثمان سنوات طوال عجاف من الجهــاد والمثابرة... تلك المدة التي كان بإمكانها سحق أي إنسان غيره أقل منه صبراً وجلداً وألين منه عوداً وشكيمة.

في عــام (1843) انتقل اهتمام (أوم) إلى دراسة الأسس والمسلّمات الخاصة بعملية انتقال الأصــوات وركز أبحاثه على دراسة طرق انتقال وتفسير الأصوات في الأذن البشرية وكيفية إدراكهــا لذاك الطيف المعقــد المترامي من النغمات، ولكنه في طريقه لإنجاز ذلك، تعكز على سلسلــة طويلة من الفرضيات الرياضية المعقدة وغير المبررة، الأمر الذي أذكى نزعة التكالب

والنقد عليه من جديد وبالأخص من قبل الفيزيائي (أوكست سيبك (1805-1849) August Seebeck)[1].

وأخيراً تمكن (أوم) من تتويج آماله وتحقيق أحلامه قبل وفاته بسنتين اثنتين فقط أي في عام (1852)، وذلك بتسنمه كرسي الأستاذية في الفيزياء في جامعة (ميونخ – Munich).

لخصت (كنث كانيفا – Keneth Caneva) في مدخلها من كتاب (معجم سير العلماء الذاتية) حياة (أوم) بقولها:

((لقد كان لانطوائية (أوم) في شخصيته، والألمعية الساطعة في طبيعة أفكاره وإقدامه وصبره ومجالدته في عمله صفات أصيلة الجذور واجبة الحضور في كيان وفكر إنسان استطاع تحويل المجردات الرياضية إلى حقائق كيميائية ملموسة، ووقائع فيزيائية محسوسة تمكن من توظيفها ضمن القاعدة العريضة للكهرباء الكلفانية))[2].

أما اليوم، فقد حُفظ شرف (أوم) ومُجِّد تقديره بإطلاق اسمه على وحدة المقاومة الكهربائية وهي (الأوم). وتُعرَّف (الأوم) بأنها المقاومة الحادثة في (موصل) إذا ما ولد فرق جهد قوة دافعة كهربائية مقدارها (فولتاً واحداً)، تياراً ما بين وصلتيه مقداره (أمبيراً واحداً). ويتخذ (الأوم) رمز الحرف الإغريقي الأخير من أبجديته وهو (الأوميكا –Ω) دلالة له، وتعتبر وحدات الأوم والكليوأوم [10(عشرة تكعيب) Ω] والميكاأوم [10(عشرة مرفوعة إلى القوة السادسة) Ω] وحدات معروفة جداً وشائعة التداول والاستعمال ما بين مهندسي الكهرباء

(1) هو الأستاذ الدكتور الذي غالباً ما يذكر اسمه مقترناً بأبحاثه حول الأصوات وحاسة السمع. درس في جامعة دريزدن للتكنولوجيا (Technische University Dresden) وقدم أفكاراً ثورية حول علاقة الترددات بالنغمة الأساسية وشدة الصوت. عارضت أفكاره (التي اكتسبت أحقية علمية لاحقاً) أفكار كل من (أوم – Ohm) و(هلمهولتز – Helmholtz) اللذان كانا قد تبنيا منظور (فوريية – Fourier) لتحليل الموجات. (المترجم).

(2) Galvanic Electricity – وتعني القوة الدافعة الكهربائية (ق.د.ك) والتيار المستمر الناتجان عن البطاريات بكافة أنواعها، أو بواسطة المزدوجات الحرارية (Thermal Couples) والخلايا الشمسية ومكائن توليدها المعروفة (بالمولدات – – Dynmos). وتنسب التسمية إلى [لوكي كالفاني – 1737-1798 (Luigi Galvani)]، الطبيب والفيزيائي الإيطالي الذي عاش ومات في مدينة (بولونيا – Bologna) والذي تمكن في عام (1771) من اكتشاف اختلاج عضلات أفخاذ الضفادع الميتة عند مسها بشرارة كهربائية. وفتح بذلك باب ما عرف لاحقاً (بالكهرباء الحيوية – Bioelectricity)، وهي اليوم أساس دراسات توليد وانتقال الإيعاز العصبي والتقلص العضلي ودراسة فسلجتها لدى الإنسان وبقية الأحياء (المترجم).

والإلكترونيـك، وكتقدير مضاف واعتراف آخر بفضل (أوم) وأعماله فقد أطلق اسمه على إحدى فوهات القمر بقطر (64 كيلومتراً)، وتمت المصادقة على تلك التسمية من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين في عام (1970م).

لقد أنصف كاتب السير الذاتية المؤلف (رولو ابليارد – Rollo Appleyerd) أوم حينما قيّـم أعماله، وعكـس أهميتها على مجمل التقـدم التكنولوجي والعلمـي في حقل الكهرباء وحقـول العلـم الأخرى، حسب ما ثبتـهُ في كتابه الصادر في عـام (1930م) بعنوان (رواد الاتصالات الكهربائية) والذي جاء فيه:

((منذ قرن مضى وحسب، لم يكن لشيء اسمه (علم وممارسة القياسات الكهربائية) أي وجود!! ما عدا استثناءات هنا، وشواذ هناك، فقد عملت المصطلحات العشوائية في مجالي شدة الكهربائية وكمياتها العارية عن الدقة والانضباط. إضافة إلى تداول الأفكار والآراء الفجة بخصوص ظاهرة التوصـيل واشـتقاق الدوائر التي لم تبلغ نضجها بعد، على تأخر تقدم بل وحتى تخلف البحوث والتجارب الكمية الكهربائية... ولكن برغم هذا التخبط وكل ذلك الارتباك أمكن ولادة الفكرة التي قلبت كل تلك الفوضى وكل ذاك التخبط إلى نظام جميل سائغ للعقل وللفكر، حيث أمكن تحويل القياسـات الكهربائية إلى أعظم العلوم والعمليات الفيزيائية دقة وأكثرها وضوحاً، مكنته من مد يد العون وتطوير كافة أوجه وفروع البحوث الكمية الكهربائية الأخرى. وما تم كل ذلك الظفر وما توّج كل ذلك الانتصار إلا بجهود قيمة جليلة فذة، وعمل مستمر مضن خلاق من لدن شخص واحد اسمه [جورج أوم])).

وختامـاً دعنا نطلع على روح الدعابة وخفة الظل والمرح التي قلما تجد لها نظيراً في تاريخ الكهربـاء المعقد، وذلك بقراءة الوصف الفريد لمثالـب وفوائد [المقاومة (الكهربائية بالطبع) ومن يستطيع أن يقصد غيرها!!] وعرابها الأستاذ الدكتور أوم.

«نعم لا أحد ينكر بعض المثالب، وحتى الأخطار التي يمكن أن تنجم عن... أو التي قد تسـببها (المقاومـة) عند مرور التيار الكهربائي خلال الأسـلاك على اختلاف أنواعها وأشـكالها، و/ أو خلال الموصـلات، الخطب الذي قد يؤدي إلى احتراقها أو احتراق أغلفتها البلاسـتيكية أو

طلائها، كما يمكن أن تتسبب في تصاعد الدخان والروائح الكريهة. ناهيك عن احتمال احتراق الدوائـر الكهربائية وعطبها و/أو ذوبان أجزائهـا المعدنية. ولكن من جهة ثانية دعنا نهدأ قليلاً ونفكـر في أن ضـياع فائدة الكبح الكهربائي الـذي توفره لنا المقاومـة، ودون الطاقة الحرارية والضوئية التي تمنحنا إياها، ستكون كافة آلاتنا وكأنها قد تحررت من زمامها، وأفلتت من عقالها، وصارت تدور وتعمل بلا ضابط من احتكاك ولا كابح من حرارة، وكأن كفاءتها قد تحررت من ضـوابها... ولهذا الأمر من خطورة الحال، وسـوء المآل، ما يمكننا تشبيهه بإصابتها بحالة مماثلة لإصابة الإنسـان بداء(الباركنسون)[1] بحيث لم تعد له سيطرة على دقة تحركاته ولا على براعة أدائـه. أضـف إلى كل ذلك أنه بذهاب المقاومة الكهربائية سـنفقد وإلى غـير رجعة متعة التدثر بالأغطية الكهربائية شتاء وتسخين المياه لتحضير فناجيل الشاي في أباريقها مساءً، كما سنتحسر على غياب لألأة المصابيح الكهربائية الحمراء الجميلة في أمسية عشاء رومانسية!!...)).

مصادر إضافية وقراءات أخرى

Anderson, Antony, "Spare a Thought for the Ohm." *New Scientist*, May 7, 1987; see www.antony-anderson.com/ohm.htm.

Appleyard, Rollo. *Pioneers of Electrical Communication* (London: Macmillan & Company, 1930)

Bueche, Frederick. *Introduction to Physics for Scientists and Engineers* (New York: McGraw-Hill, 1975).

Caneva, Kenneth, "Georg Ohm," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Lockwood, Thomas, preface to "The Galvanic Circuit Investigated Mathematically" by Georg Ohm, Berlin, 1827; translated by William Francis (New York: D. Van Nostrand Company, 1891).

Morse, Michael S., "Report on Findings and Recommendations, Prepared Following Visit to Florida State Penitentiary at Starke, FL." Florida Corrections Commission, April 8, 1997; from www.fcc.state.fl.us/fcc/reports/methods/emappa.html (website no longer accessible).

(1) Parkinson's Disease – Parkinsonism: متلازمـة عصبيـة يعاني المصاب بها من الرُعاش (العضلي – Tremor) ووهـن القوى (Hypokinesia)، وتصلـب العضلات (Muscular Rigidity)، وعدم استقـرار الهيئة والانتصاب (Po- – tural Instability). أسبابهـا متعـددة وتشخيصها معقد وقـد تنتج عن الضمور العصبي وبعض السموم، أو الأمراض الأيضية أو حتى بعض الأدوية مثل مضادات الكآبة ومضادات الذهان والعصاب. (المترجم).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة

• لم يتوصل أوم بنفسه إلى توصيف نتائجه التجريبية، ولم يتمكن مطلقاً من وضعها في الشكل الرياضي المحبك شديد الاختصار كما نعرفه اليوم، وهو تناسب الفولتية مع التيار ($V \propto i$) أو مساواة الفولتية لحاصل ضرب التيار في المقاومة ($V = iR$). وإنما يعود الفضل في ذلك إلى العالم والفيزيائي الألماني الألمعي [كوستاف كرشهوف (1824-1887) Gustav Kirchhoff]، الذي استطاع أن (يستبصر) النور المطمور ما بين طيات تجارب (أوم) المعقدة وتمكن من إدراك الظاهرة العامة للتوصيل الكهربائي بالمنطق العلمي الحديث، وصاغ بموجب ذلك القانون أعلاه. ولكن برغم كل ذلك احتفظ العلم بحق (أوم) وبمجهوده، فلم تُذكر منذئذ أي علاقة خطية تربط أي تيار بأي قوة دافعة كهربائية إلا وأطلق عليها اسم (قانون أوم).

ايسبرك وليرنر

Robert M. Eisberg and Lawrence S. Lerner، (Physies).

ما جاء في كتابهما (علم الفيزياء).

• دعنا نناقش -وبموضوعية مطلقة- ما ارتآه واقترحه (أندريه لندي - Andrei Linde) في احتمالية وجود أكثر من مجموعة واحدة من القوانين الكونية شمولية الصحة وعالمية التطبيق في كافة أرجاء الكون وإبدالها بفكرة وجود أكوان متعددة لكل واحد منها مجموعته الخاصة به من القوانين التي ينقاد إليها والنظريات الذاتية التي يعمل بموجبها، وكل كون من تلك الأكوان الكثيرة والكثيرة جداً (واللانهائية العدد) يختلف عشوائياً بكيانه ووجوده وقوانينه الفيزيائية ونظرياته عما سواه.. والآن وضمن هذه الفرضية الجامحة، ألا يستوجب علينا --منطقياً- أن نوقظ أنفسنا إلى واقع الحال ونتوقف عن (الحلم) الطفولي الساذج بتوقع الوصول إلى أي قانون فيزيائي كوني مطلق قابل للتطبيق فيها جميعاً؟!

والآن لنعد إلى لبّ الفرضية: أن مجرد افتراض كون فكرة الأكوان العشوائية اللامتناهية العدد هي فكرة إلهية، لابد وأن يتضمن من المثالب الشيء الكثير بل هي فكرة مقبورة في مهدها لسبب واضح

بسيط جلي ألا وهو أن العشوائية بحد ذاتها لا تمثل ولا تنبع من أي فكرة أصلاً، فضلاً عن كونها نتاج لتفكير الإله السليم (جل وعلا) ذاته.

بسك

Peter Pesic، (Bell & the Buzzer، On the Meaning of Science) Daedalus، Fall 2003

من مقالته - في معنى العلوم.

• لعل من أهم خصائص (القانون الطبيعي)، بل أخالها الصفة الأبرز التي تجعله قانوناً طبيعياً عاماً، هي وجوب تحليه بصفة (الانزلاق) والتملص من بين أصابع يديك ومن خلال نتائج تجاربك كلما حاولت إحكام قبضتك عليه. بعبارة علمية أدق... إن أدق ما يمكن أن يقال بشأن أي قانون كوني حصيف هو كونه لا يتجاوز مجرد (نظرية) أمكن إثباتها والتأكد من صحتها بعد إخضاعها للمئات بل وللآلاف من التجارب التي أمّنت للجميع سلامة الركون إليها وتطبيقها والقبول بصوابها. ولكن احترس! عليك أن تعلم أنه لا يوجد ما هو (طبيعي) حقاً بشأن أي منها، إنها جميعاً عبارة عن صناعة بشرية بحتة وبامتياز.

Naw Scientist، (Editorial، Breaking the Laws)، April 29،2006

من مقالة للمحرر بعنوان (تحطيم القوانين). مجلة نيوسينتست.

• لا أستطيع -إطلاقاً- اعتبار العلم إلا عملاً تخريبياً مدمراً حتى النخاع!! (هذا ما صرح به (دايسن فريمن- Dysan Freeman).. (وإليك الدليل)..

لا يهمني إن كان هؤلاء قد تعكزوا -على العلم- أو استندوا إليه، ولا يهم إن كان ذلك تغيّراً جذرياً لفكرة متأصلة كما قام به (هيزنبرك - Heisenberg) من إنهاء مبدأ السببية بتقديمه (نظرية ميكانيكا الكم - Quentum Mechanics). أو ما جاء به (كودل - Godel) بتدمير المسلّمات الرياضية التي نادى بها المبدأ الأفلاطوني الحقيقي، أو الدعوة العامة لازدراء وتحقير، ومن ثم نبذ الروح الدينية والمبادئ السياسية، كما فعل (غاليليو - Galilio) و(أندريه سخاروف - Andrei Sakharov)...، وذلك لأن الخلق العلمي (وفي ذلك أعني أن تتبع سجيتك على هواها وأن تطلق العنان لأفكارك لتبلغ سماها) هو الخطر المدمر الأكبر لكافة النظم والصروح والمزعزع لشتى المنشآت

الفكرية على اختلاف أنواعها عبر العصور.

جونسون

Geerge Hohnson، (Dancing with the Stars) New York Times Book Review

جزء مقتطف من كتابه (الرقص مع النجوم).

• ... بعد جهد جهيد وسفر شاق بين الأفكار والمعتقدات استقر رأي العالم على اتخاذ العلم مذهباً له... وياله من مذهب، فكلما تعمقت في دراسة (حقائقه) العلمية، أيقنت بل وصُدمت بكونها حالات وقتية طارئة لا تلبث أن تخلي محلها لغيرها... إن للحقيقة العلمية صفة التناسب العكسي مع مقدار الجهد الذي بُذل للوصول إليها، وعليه نجد أن دورة حياة وأعمار اكتشافات منتصف وأواخر القرن العشرين لهي أقصر بكثير مقارنة بمثيلاتها من القوانين والأسس والمبادئ الأقدم في التاريخ. ولا نجد في الواقع سبباً حقيقياً لذلك إلا بكثرة الفرضيات (الجاهزة - أو التي ستجهّز وتنضج بعد فترة وجيزة) والتي تستعد متأهبة لاستبدالها والحلول محلها.. ولكن إذا ما أطرقنا قليلاً أو فكرنا بعمق أكثر لإيجاد السبب المقنع الذي أدى إلى تكاثر وتراكم تلك الأعداد (الهائلة) من الفرضيات. فلن تجد إلا اتباع (الأسلوب العلمي) (Scientific Mehtod) ذاته سبباً مباشراً لذلك.

برسك

Robert Pirsig، (Zen and the Art of Motorcycle Maintenance)

مقتطف من كتابه (زين وفن صيانة الدراجات).

قانون كراهام للتنافذ

GRAHAM´S LAW OF EFFUSION

أسكوتلاندا، 1829

تتناسب معدلات تنافذ غازين عكسياً مع الجذر التربيعي لكثافتيهما. تتنافذ (أي تختلط) الغازات الأقل كثافة – تحت درجات الحرارة عينها ومناسيب الضغط ذاتها– أسرع من مثيلاتها الأكثر كثافة.

محاور ذوات علاقة

جون دالتن (JOHN DALTON)، وميشيل فراداي (MICHAEL FARADAY)، ويوهان دوبرينير (JOHANN DOBEREINER)، وقانون أفوكادرو للغازات (AVOGADRO'S GAS LAW).

من أحداث عام 1829

– تم تحريم تجارة العبيد في المكسيك.

– مُنحت أول براءة اختراع أمريكية لأول آلة طابعة للأمريكي (وليم برت – William Burt) من ولاية ديترويت. وقد أطلق عليها في حينها اسم (Typographer).

– منحت الدولة العثمانية اليونان استقلالها.

نص القانون وشرحه

ينص قانون (كراهام) على **تناسب تنافذ أي غاز عكسياً مع الجذر التربيعي لكتلة جزيئاته**، بطريقة يحكمها القانون الآتي:

$$\frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

حيث يمثل R_1 – معدل نفوذية أحد الغازات.

و R_2 – معدل نفوذية الغاز الآخر.

و M_1 – الكتلة العيارية (Molar Mass) للغاز الأول.

و M_2 – الكتلة العيارية (Molar Mass) للغاز الآخر.

ينطبق قانون (كراهام) على ظاهرتي (التنافذ – Effusion) و(الانتشار – Diffusion). ولا حاجـة لنا للتأكيد هنا بأن الأحجام المتساوية من الغازات المختلفة التي تحتوي على ذات العدد مـن الجزيئات، وحسـب (قانون أفـوكادرو) للغازات، ستحتـوي بالطبع على نفس عـدد الأوزان العياريـة (Moles) في اللتر الواحد، هذا على شـرط خضوعها لعين ظروف درجـات الحرارة ومناسيب الضغط. وعليه ستتناسب كثافـة أي غاز طردياً مع كتلته العيارية [راجع تعريف وشرح المعنى العلمي لموضوع الأوزان العيارية (Moles) في مدخل (قانون أفوكادرو للغازات) كذلك].

تعـرف ظاهرة التنافذ (Effusion) بأنهـا العملية التي تتحرك بموجبها جزيئات غاز (ما) خـلال ثقب صغير جـداً بحيث لا يسمح (نظرياً) إلا بمرور جزيئة غاز واحدة خلاله في المرة الواحـدة. ويعتمد معدل التنافـذ على الوزن الجزيئي للغاز المعني بالطبـع. بمعنى أن الغازات ذوات الأوزان الجزيئيـة الخفيفة جداً (كالهيدروجين) مثـلاً ستكون لها قابلية التنافذ بسرعة أكـبر من تلك التي تتمتع بأوزان جزيئية أثقل، وذلك لسبب بسيط هو أن الأولى سيكون لها حريـة التحرك بسرعة أعظم. وبإمكاننا فهم هذه الظاهرة بيسر، إذا ما تصورنا غازين مختلفين يتألفان من نوعين متغايرين من الجزيئات، ولكنهما يحملان المقدار نفسه من الطاقة الحركية (أي مخزونين تحت ذات ظروف درجات الحرارة ومناسيب الضغط)، وبالتعبير الرياضي:

$$\boxed{E_1 = E_2}$$

ولما كان $E1 = 1/2\, M1\, V1^2$

و $E2 = 1/2\, M2\, V2^2$

إذن $^1/_2\, M1\, V1^2 = 1/2\, M2\, V2^2$

و $\boxed{M1\, V1^2 - M2\, V2^2}$

وهـذا يعنـي أن باحتـواء الغازين على القيم نفسها مـن كمية الطاقة الحركيـة، فإن الجزيئة الأخـف (أي الأقل كتلة) لابد لها أن تسير بسرعـة أعظم، حتى تتم مساواة المعادلة الأخيرة.

وعليــه فإن البالون المملوء بالهواء الاعتيادي سيفرغ نفسه بسرعة أبطأ من البالون المملوء بغاز الهيدروجين، لأن الغاز الأخير أخف، أي أن لجزيئاته كتلة أقل.

تعرَّف ظاهرة الانتشار (Diffusion) بأنها الطريقة التي تستعمل لتفسير أسلوب (انتشار أو تحـرُّك) مادة مـا خلال أخرى، كما ينتشر شذى عطر أخـاذ في أرجاء صالة عشاء دخلتها لتوها أنيقة حسنـاء. ويصحّ على ظاهرة (الانتشار) ما صحّ على ظاهرة (النفوذ) بمعنى قابلية الجزيئات الأخف كتلة على التحرك خلال الوسط بسرعة أعظم.

لقـد تطـرق أول بحث نشـره (كراهـام) في عـام (1829) بالخصوص إلى شـرح ظاهرة (الانتشار) في الغـازات والذي ذكر فيه إمكانية مقارنة المعدلات النسبية (لانتشار) الغازات بالمعـدلات النسبية (لنفوذيتها). وعلى الرغم من احتواء هذا البحث الذي صدر تحت عنوان (شـرح مبسط للبحوث التجريبية الخاصة بانتشـار الغازات خلال بعضها البعض والأساليب الميكانيكية لإعادة فصلها) على كل أساسيات ومبادئ قانونه، إلا أن ورقته الموالية التي نشرت في عام (1833) تحت عنوان (في سبيل قانون للانتشار الغازي) كانت قد تمكنت بالفعل من إيصال فكرته وتوضيح مراده وقد جاء فيها:

((تتم عملية الانتشـار، أو ما يقصـد بها عملية الامتزاج المتبادل ما بين غازين متماسين بتبادل مواضع وأمكنة كميات متناهية الصغر من حجوم كلا الغازين وإحلال جزيئات مـن أحدهمـا مكان الأخرى. ولا يشـترط أبداً أن تتسـاوى أحجام الغـازات المتبادلة ولكنها والحالة هذه لابد أن تتناسـب عكسـياً مع الجذر التربيعي لكثافتيهما، بمعنى أن على التنافذ أو الإحلال أن يتم ما بين الوحدات الدقيقة والمتناهية الصـغر من الغازات، لا أن يتم ما بين كتل محسوسة منهما)).

واعتقـد (كراهـام) أو لعله اقترح فعـلاً بأن خير استخـدام وأمثل استفادة مـن قانونه هي باستعمالـه لتعيين قيم (الجاذبية النوعيـة – Specific Gravity) للغازات بدقة كبيرة وهو بذلـك كان قد تفوق على كل الطـرق والأساليب المتوافرة آنئذ. وتمكن كذلك –ومن خلال تجاربـه على قياس تنافذ الغازات عبر ثقب صغير في قطعـة معدن فاصلة بين حيزين مُحكمين

يحتويان على غازين مختلفين – من إثبات التناسب العكسي ما بين سرعة إزاحة كل منهما مع الجذر التربيعي لكثافته.

وكمثال على ذلك دعنا نحسب معدل التنافذ (Effusion) النسبي ما بين غازي الهيدروجين [H_2 ووزنه الجزيئي (2) والنتروجين N_2 ووزنه الجزيئي (28)]، فبتطبيق قانون كراهام للجذر التربيعي العكسي سنحصل على:

$$\frac{R_H}{R_N} = \sqrt{\frac{28}{2}} = 3.74$$

وهذا يعني أنه بإمكان غاز الهيدروجين (الأقل وزناً جزيئياً) أن ينتشر (Diffuses) أو أن ينفذ (Effuses) بمقدار (3.74) من المرات أسرع من غاز النتروجين (الأكثر وزناً جزيئياً). وهنا وباستعمالك القانون السابق سيكون باستطاعتك –وعن طريق التعويض المباشر– إيجاد قيمة الوزن الجزيئي التقريبي لأي غاز مجهول، إذا ما علمت معدل سرعة تنافذه النسبي مع أي غاز آخر يكون وزنه الجزيئي معلوماً لديك.

للفضوليين فقط

• لقد كان (كراهام) أول من صاغ مصطلح (غروي – Colloid) لوصف أحد أنواع المحاليل، كما كان من أوائل المبتكرين لطريقة الفصل بواسطة التنافذ الثنائي عبر غشاء فاصل بين محلولين (Dialysis)[1]. وقد استعملها فعلاً لفصل (المحاليل الغروية – Colloids) عن (المحاليل الحقيقية – Crystalloids).

• وصف في أحد بحوثه المنشورة الأقل شهرة وتداولاً طريقته التي ابتكرها لتعيين مقدار نقاوة أكواب القهوة المحضرة تجارياً.

• لقد ظلت (الجمعية الألمانية لعلوم الغرويات) لسنين عديدة تمنح جائزة اسمها جائزة

(1) وهي عملية (الميز الغشائي). (المترجم)

(ثوماس كراهام – Thomas Graham) للإنجازات المتميزة في تقدم تلك العلوم، وتضمنت الجائزة –من ضمن ما تضمنته– مسكوكة ذهبية تذكارية.

• لقد ساعد (قانون كراهام للتنافذ) الولايات المتحدة الأمريكية على تحقيق هدفها في صناعة القنبلتين الذريتين اللتين ألقتهما على مدينتي هيروشيما ونكازاكي اليابانيتين ودمرتهما.

أقوال مأثورة

– لا توجد في الطبيعة انتقالات مفاجئة، ولا تحولات جذرية سريعة.. ولا يمكننا الفصل بين الأحداث والكائنات والأشياء بخطوط صارمة ولا تصنيفها ضمن مراحل جامدة محددة.

كراهام

Thomas Graham، describing crystalloid and colloid states of materials، in (Liquid Diffusion Applied to Analysis.

من وصفه للفرق بين المحاليل الحقيقية والغروية في مقالته المنشورة بعنوان (ظاهرة التنافذ بين السوائل كأحد أساليب تحليلها).

– لقد أمضى (ثوماس كراهام) حياته في تصفح وقراءة كتاب الطبيعة بتمعن شديد وصبر جميل وكان كثيراً ما يُتحف العالم –بين الفينة والأخرى– بما تجود به قريحته وتتوصل إليه عبقريته من بنود المعرفة وجواهر الحقيقة التي كان يعثر عليها فيه. على المنصفين ألاّ يحدّدوا تقييم هذا الإنسان ولا يُقصروا احترامه على ما جادت به قريحته من نافع العلوم ونفائس المعرفة، وإنما بطول الصبر وقوة الشكيمة وصلابة العزيمة التي تحلى بها ونذر عُمره في سبيلها، وجبَلَ نفسه على سجيتها واتخذها نبراساً له ألهمته وأعانته في تجاوز صعاب وتحقيق أهداف تجاربه الفلسفية النبيلة التي لم تكن لترى النور لولاها.

وليمسن

A.W. Williamson، (The Late Proferssor Graham)، Nature November 4، 1869

مقتبسة من مقالة له في مجلة (نيتشر) بعنوان: البرفيسور كراهام.

- عُـرف (ثوماس كراهـام) بكونه رجلاً متردداً شديد الخجل والحيـاء، أمضى جلّ حياته بـين دوارق المختـبرات وأنابيبهـا، ولم يكـن له قبـلاً في الفصاحة الخطابيـة ولا في الخبرات الاجتماعيـة... فلـم يتمكن مـن تملك زمام نفسـه، وضاع منـه رباط جأشـه حينما حضر –ولأول مرة– إلى قاعة المحاضرات في (جامعة كلاسكو) لإلقاء أول محاضرة له في موضوع (الكيمياء). فما أن رأى جموع الطلاب المحتشدة حتى تلفّت حوله بارتباك وولى هارباً.

- (The Victorian Age Part Two)، in Cambridge History of English and American Literature، (1907-1921).

من مجلدات العصر الفكتوري الجزء الثاني - تاريخ جامعة كمبردج في الأدبين الإنجليزي والأمريكي للفترة (1907-1921).

ملخص لسيرة حياة المكتشف

ولد العـالم الكيميائي الأسكوتلاندي [ثوماس كرهـام (1805–1869) Thomas Graham] والذي اشتهر بقانونه للغازات وبأعماله وتجاربه في حقل الكيمياء الغروية (Chemistry Colloid)، في مقاطعة كلاسكو (Glasgow) في أسكوتلاندا.

لقـد أصر والده الذي كان يعمـل صانعاً للنسيج والأقمشة دائماً علـى أن يتخذ (كراهام) المسلـك الكهنوتي وأن يصبح قسّـاً ضمن الكنيسة الأسكتلاندية، الأمـر الذي دفعه –على الدوام– إلى معارضة ميول ولده وتطلعاته للاستزادة من مواضيع الكيمياء التي أحبها وشغف بها. ولكن على الرغم من تعنت الوالد وإصراره وتعصبه لرأيه، فقد كان (لكراهام) بقية وافرة من حظ جميل دفع كلاً من والدته وشقيقته إلى دعمه ومساندته ومد يد التشجيع والمؤازرة له على طول خط خلافه مع والده وبث روح الصبر والمطاولة فيه وحثه باستمرار على مواصلة دراساتـه واهتماماته بمواضيع العلوم والبحث، الأمر الـذي مكنه من تحقيق أحلامه وتجسيد طموحاته في مجالات وميادين العلوم والإبداع لا ضمن أقبية ودهاليز القسوسة والكهنوت.

التحق (كراهام) في عام (1814) بالمدرسة المتوسطة والثانوية في مدينة (كلاسكو)، وظل مواظباً على الدراسة والحضور، حتى إنه لم يُسجّل عليه –وخلال السنوات الخمس اللاحقة–

غيـاب يوم واحد. لقد أحب الدراسة وأبـدع فيها وتخطى سنيها بنجاح واطراد حتى تمكن بعد سنواتها الخمس، أي في عام (1819) من الدخول إلى (جامعة كلاسكو) ولما يبلغ الرابعة عشرة من عمره، كما تمكن من تخطي سنوات الجامعة السبع بنجاح أيضاً كلله بحصوله على درجـة الماجستـير منها (M.A.) في عـام (1826) وذلك قبل أن يُكمـل مشواره التعليمي التخصصي لسنتين أخريين في جامعة أدنبره (Edinburgh).

لقد وُصف في خلال تلك الفترة من حياته –وبمنتهى الشفافية والانفتاح في إحدى المقالات التاريخية المنشورة في مجلة (نيتشر – Nature) – بأنه:

((كان المصـان المحـاط بهالة أمه القدْسـية والتي كانت بمثابة (ملاكـه الحارس)، حيث تعاطفت معه في كل مشـاعره وشـاركته في كافة أفراحه وأتراحـه وكانت له المعين إذا أعوز والناصـح إذا أخفق. حتى ارتبط بها برباط قـوي من المحبة والولاء الذي يتعدى بمراحل عدة مجرد وصفه (بالاحترام) الذي يكنه أي ولد صالح لأمه. ومن سمات تعبيره عن حبه وتبجيله لها أنه قام بشراء الكثير من الهدايا الجميلة لها ولأخته بمجرد استلامه لأول دفعة مال نالها في حياته من جهده الخاص بعد إنجازه لبعض الأعمال الأدبية)).

وفي عام (1830) احتفل بتعيينه أستاذاً في الكيمياء من ضمن الهيئة التعليمية الموقرة لجامعة أندرسـن (Andersonian University) في كلاسكـو. لقـد كان القـدر وفياً لسخاء الإنسانـة والمـرأة والأم التي صنعت من ابنها رجلاً وبطلاً وعالماً، فقد وصل إليها خبر تسنمه لمنصـب الأستاذية ووصلت إلى قلبها نشوته وقبل أن تلفظ أنفاسها الأخيرة وهي تحتضر على فراش الموت، فكان ذلك بلسماً لروحها وعوناً لها في بداية رحلتها إلى العالم الآخر بسلام.

انتخـب (كراهام) بعد أربع سنوات، أي في عـام (1834) زميلاً للجمعية الملكية، وتمكن بعـد ذلك ببضـع سنين أخرى من الحصول علـى الترقية التي أهّلتـه إلى الوصول إلى منصب الأستاذية في الكيمياء في جامعة كلية لندن (London College University) العريقة.

وصـف (جورج كوفمن – George Kaufman) كراهام وحقبته التي عاشها في تلك الأيام بمشاركته في الكتاب الثمين (معجم سير العلماء الذاتية) قائلاً:

((لم يألُ (كراهام) جهداً في الاستفادة القصوى من وقته خلال تلك الفترة من حياته فقد كان كثير الانغماس، عظيم الاهتمام في أمور التدريب والتحرير والتأليف وإسداء النصح والاستشارة لكبار أصحاب المصانع الكيميائية وحتى في تصحيح وتدقيق الميزانية السنوية للدولة وإبداء الرأي في كثير من أمورها الأخرى... أما بعد وفاة (جون دالتن - Johon Dalton) في عام (1844) فقد أصبح هو بحق (عميد الكيميائيين) الإنجليز ورأس قائمتهم، وهو بذلك كان قد قُلد المنصبين الفخري والفعلي لأساطين كيميائيي العصر من أمثال (جوزف بلاك - Joseph Black)، و(جوزف برستلي - Joseph Pristly)، و(هنري كفنديش - Henry Cavendish)، و(وليم ولستن - William Wollstoone)، و(همفري ديفي - Humphry Davy)، و(جون دالتن - John Dalton).. أما فيما يخص قابليته وكفاءته في التدريس العام وإلقاء المحاضرات على الطلبة، فكان خير ما يوصف به في هذا المجال كونه محاضراً سيئاً شديد الاضطراب، كثير التردد...!!)).

لقد حصل (كراهام) في خلال حياته على العديد من الأوسمة، والكثير من آيات الاحترام ومعاني التبجيل، فقد قُلّد في عام (1837) الميدالية الملكية التي منحتها إياه الجمعية الملكية، كما قُلّد في عام (1862) ميدالية (كوبلي - Coply) من قبل الجمعية الملكية أيضاً، وعادت الجمعية الملكية مرة أخرى لتقليده (الميدالية الملكية) مرة ثانية في عام (1855). وعيّن كذلك في عام (1837) أستاذاً للكيمياء في جامعة لندن العريقة وقد ظل محتفظاً بمنصبه فيها حتى عام (1855)، حين خَلَف (السر جون هرشل - John Herschel) في رآسته لدار ضرب المسكوكات الملكية.

لقد حاز مجال (الانتشار - Diffusion) على اهتمام (كراهام) منذ البداية فاتخذه حقلاً لاختصاصه وميداناً لتركيز أفكاره وأعماله، وعليه فتعد تجاربه وآراؤه في مجالي قياس مقدار الإزاحة النسبية لجزيئات الغازات والسوائل ومحاولة مقارنة ذلك وتبيان علاقته بكثافاتها و/ أو أوزانها الجزيئية من أهم إنجازاته ولكن علينا ألاّ ننسى، أن ما حفّز (كراهام) على ولوج هذا المجال وأثار اهتماماته وشحذ تفكيره يعود -بالدرجة الأولى- إلى بحوث وأعمال

سابقــة كان قــد قام بها الكيميائي الألمــاني [يوهان دوبرينــير (1780-1849) (Johann Dobereiner]، والذي كان قد لاحظ وقتها بأن قابلية انتشار أو (هروب) غاز الهيدروجين من خلال شرخ بسيط في إناء زجاجي كانت أسرع من قابلية الهواء المحيط به على النفاذ إليه لمعادلــة فرق الضغط الناتج وإحلاله محله. لقد قام (كراهام) خلال تجاربه الكثيرة بقياس معدل سرعــة انتشار الغازات و(هروبها) من خلال فتحات صغيرة في أغطيتها المطاطية وعن طريق أنابيــب دقيقة أدخلت إليها ومــن خلال ثقوب مجهرية أحدثت فيهــا. وفي واحدة من أشهر تجاربــه التي حفظها التاريخ له، قيامه بقياس كمية غــاز الهيدروجين المتسربة من خلال ثقب دقيــق جــداً كان قد أحدثه في سطح سدادة محكمة من (معــدن البلاتين) استخدمها لختم إناء يحتــوي على غاز (الهيدروجين) ومــن ثم إعادة التجربة ذاتها باستخــدام نفس الإناء وعين الســدادة (البلاتينية) المحكمة الحاوية على الثقــب بعد إبدال غاز الهيدروجين الذي كان فيه بغاز (الأوكسجين). وبعد إعادته لتلك التجربة مرات ومرات والتأكد من حساباته وقياساته، تمكن من التوصل إلى حقيقة الاستنتاج بأن في مقابل كل جزئية (أوكسجين) أمكنها الخروج مــن خلال فتحة ذلك الإنــاء كانت هناك أربعة جزيئات من غــاز (الهيدروجين) تخرج في الفترة الزمنية ذاتها، أي ما يدل على أن سرعة خروج ونفاذ جزيئات الهيدروجين تفوق سرعة نفاذ جزيئات غاز (الأوكسجين) وفي خلال نفس الفتحة الدقيقة أربعة أضعاف.

تمكــن (كراهام) في عــام (1829) من تصميم وإنجاز التجربة الآتية والتي قام خلالها بغمر أسطوانــة زجاجية مفتوحــة الطرفين داخل إناء مملــوء بالماء وذلك لغرضــ دراسة سرعة نفاد الغــازات منها وانتشارها خارجهــا وبالأخص محاولته بعد ذلك دراســة معدل سرعة امتزاج غازيــن ببعضهما. ففــي محاولته الأولى قام بســد نهايتي الأسطوانــة الزجاجية بلاصق محكم يحتــوي على ثقوب كبيرة نسبياً تسمح بتسرب الهــواء المحصور داخلها بحرية إلى إناء مائي بعد غمرها فيه، ثم قام بعد ذلك بملء الأسطوانة ذاتها بغاز الهدروجين (H_2)، ثم عاد وغمرها في ذات الإناء المائي السابق فلاحظ بُطء ارتفاع منسوب الماء فيها، مقارنة بسرعة ارتفاعه عنها في الحالــة السابقة، وفسر ذلك بسرعة انتشار جزيئات غاز الهدروجين (وهروبه) إلى خارج

الأسطوانة إلى الإناء المائي (بوتيرة أسرع)، مقارنة بجزيئات الماء التي تحاول الدخول إليها. وبدراسة سرعة زيادة ارتفاع مستوى ماء الإناء الحاوي على الأسطوانات الزجاجية أو سرعة دخول الماء إليها وارتفاع منسوبه فيها، تمكن كراهام من تعيين معدل سرع تسرب الغازات المختلفة من الأسطوانات المغمورة إلى الإناء المائي الذي يحتويها، ومن ثم تعيين معدل سرع امتزاج الغازات المختلفة التي تحويها مع الهواء.

وبإعادة وضبط وقياس كافة المتغيرات والثوابت في تجاربه المختلفة، توصل إلى الاستنتاج بأن معدل سرعة انتشار الغازات لابد أن يتناسب عكسياً مع الجذر التربيعي لكثافاتها. وكما ذكرنا آنفاً فإن (كراهام) كان قد توصل إلى نتائج مشابهة عند اختباره ودراسته لعملية هروب وانتشار الغازات باستعماله قطعة المعدن الحاوية على الثقب الدقيق عند قياسه لمعدل سرعة نفاذ الغازات إلى الفراغ. ففي هذه المجموعة كان قد توصل أيضاً إلى الاستناج بأن معدل سرعة نفوذية الغازات لابد وأن تتناسب عكسياً مع الجذر التربيعي لكثافاتها أو لأوزانها الجزيئية.

شرع (كراهام) في الخمسينيات من القرن التاسع عشر (1850s) وضمن إستراتيجيته البحثية الموسّعة بدراسة الطرق والأساليب التي تمكنه من اكتشاف استعمال (المواد غير الملائمة) وتحديدها، وتعيين الشوائب التي طفق مروجو القهوة على مزجها معها لغرض خداع زبائنهم، لتحقيق أغراض ربحية مادية طائلة غير مشروعة، فقد توصل في عام (1857) إلى الكثير من النتائج المؤكدة التي نشرها في بحثه الموسوم (تقرير في طرق اكتشاف خلط مختلف المواد النباتية (الرخيصة) مع مشروب القهوة أو حبوبها بغرض الخداع) في دورية الجمعية الكيميائية في لندن. أما اليوم فهناك العديد من التقنيات المتقدمة باستعمال طيف الأشعة ما دون الحمراء و(بصمات القهوة) المتعارف عليها دولياً وذلك لتصنيف مصادر ونوعيات وخواص القهوة المتداولة في الأسواق من جهة، ولتحديد المغشوش ونسبة ونوعية الغش في أنواع كثيرة منها من جهة أخرى. فعلى سبيل المثال: لقد تم سحب رُخص وغلق العديد من مطاحن القهوة التي دأبت على استخدام ما لا يقل عن (20 ألف طن متري) من المواد النباتية الرخيصة الأخرى لخلطها معها وجني الأرباح منها.

وقد قام (كراهام) أيضاً بدراسة (خواص نفوذية) و(قابلية ترشّح) العديد من المواد والمحاليل، وتوصل إلى حقيقة وجود بعض المحاليل التي هي -بالحقيقة- (مواد معلقة في سوائل) تمتاز أحجام جزيئاتها بأنها أكبر من أن تتمكن من المرور من خلال مرشحات جلود الغزلان أو الماعز (Parchment). وقد تمكن في عام (1861) من صياغة المصطلح المعروف اليوم بـ(الغرويات - Colloids) وهو يشمل مجموعة المحاليل ذوات القوام المستحلب أو الهيلامي (الجيلاتيني) والتي لا تنفذ إلا ببطء شديد وصعوبة بالغة من خلال المرشحات المسامية الاعتيادية.

يعد (كراهام) اليوم الأب الشرعي لعلم كيمياء الغرويات (Colloid Chemistry)، ففي خلال أبحاثه وتجاربه توصل إلى تصنيف الجسيمات الصغيرة والجزيئات إلى مجموعتين، الأولى وهي تلك التي يُمكنها حين ذوبانها الكامل في الماء أن تكون (المحاليل الحقيقية - Crystalloid)، وخير مثال وأبسطه عليها هو ذوبان ملح الطعام الاعتيادي وهو مادة متبلورة في الماء، حيث تكون جزيئاته من الصغر بحيث تنتشر ضمن جزيئات الماء بسرعة. والثانية... هي تلك المواد التي تنتمي إلى مجاميع (النشأ النباتي - Starch) أو (النشأ الحيواني - Glycogen) و(أنواع الأصماغ - Gums) و(الهيلام - Gelatin) والتي لا تستطيع النفوذ أبداً أو تستطيع فقط ولكن بصعوبة كبيرة، وتمتاز تلك المواد بعدم قابليتها على تكوين البلورات[1].

أعلن (كراهام) آراءه ونتائج أبحاثه وتجاربه في مقالة علمية نشرتها له دورية (الإنجازات الفلسفية للجمعية الملكية) في عام (1861) والتي جاء فيها:

((من الممكن اعتبار مادة الهيلام (Gelatine) مثالاً حياً على ما أصفه بمجموعة الغرويات أو المحاليل الغروية (Colloids)، وقد تم اشتقاق هذا المصطلح من الكلمة الإغريقية (κ΄oλλα) وتعني (الصمغ أو الغراء - Glue)، وبإمكاننا الآن أن نصف ونصنّف مجموعة محددة من المواد التي لها مواصفاتها الخاصة كسوائل (بالمحاليل الغروية).

(1) تنقسم المحاليل حديثاً إلى ثلاثة أنواع: المحاليل الحقيقية (Crystalloidds)، والمحاليل الغروية (Colloids)، والمحاليل المعلقة)» (Suspentions)، وللمزيد يمكنك مراجعة أحد كتب الكيمياء الفيزيائية (Physical Chemistry). (المترجم).

وهناك بالطبع المواد المعتادة التي لها قابلية الذوبان التام في محاليلها والتي صُنّفت بمجموعة المحاليل الحقيقية (Crystalloid). ومن التجارب والاختبارات يظهر أن لصنف الغرويات أو المحاليل الغروية ميل دائم للتصرف كمواد مستحلبة (Curdled). وبإمكان محاليلها أن تمتص الماء من المحاليل الحقيقية (Crystalloids) كلما وضعت بتماس معها. وعليه يمكنني اعتبار الصنف الأول كحالة حركية (ديناميكية) للمادة، على حين يمكنني اعتبار الصنف التالي كحالة ثابتة (ستاتيكية) لها)).

نُعرّف اليوم ضمن قياساتنا الفيزيائية الحديثة المحاليل الغروية أنها تلك المحاليل الحاوية على مواد وجزيئات تتراوح أقطارها ما بين (10 مرفوعة إلى الأس السالب الرابع و10 مرفوعة إلى الأس السالب السابع) سنتيمتراً. ومثل هذه الجزيئات عادة ما تكون من الكبر بحيث لا يمكن فصلها عن محاليلها بواسطة عمليات الترشيح الاعتيادية عبر المرشحات الاعتيادية أو بالاعتماد على تأثير الجاذبية فقط. لقد ابتكر (كراهام) طريقة فريدة مكنته من فصل مكونات تلك المواد عن محاليلها، والتي أسماها بعملية الميز الغشائي أو (الديلزة – Dialysis). وقارن كذلك بين مواصفاتها (كونها بطيئة الديلزة، أو (الميز) غشائياً. مقارنة بالمحاليل الحقيقة والتي تحوي على مواد ذات جزيئات بأقطار أصغر بكثير عن أبعاد أقطار الجسيمات أو الجزيئات الغروية آنفة الذكر وتمتاز هذه الأخيرة بكونها سريعة الديلزة. وقد استخدم العديد من أنواع الأغشية والمرشحات في تجاربه لغرض فصل المكونات الغروية عن الماء وعن المواد الأخرى سهلة الذوبان فيه كالأملاح والسكاكر.

لم يكن (كراهام) السبّاق الأول لولوج عالم الغرويات ومحاليلها رغم حصوله على فضل صياغة المصطلح المستعمل لها ولحد اليوم، فقد سبقه لذلك العديد من البحاثة والعلماء، نضرب لك مثلاً منهم العالم الكيميائي والفيزيائي الإنجليزي عالي الشأن [ميشيل فراداي (Michael Faraday (1791–1867)] والذي كان قد قام في عام (1856) بأول محاولة علمية منهجية لدراسة محاليل عنصر الذهب المعلقة وتقدم بالعديد من التوضيحات والاقتراحات من أجل تفسير مختلف العوامل المسؤولة عن ظهور تلك الحالة واستمرارية استقرارها، أما محاليل (فرادي) الغروية فقد أطلق عليها اسماً مثيراً رناناً وهو (محاليل الذهب

المنشّط) والتي كانت عبارة عن معلقات مائية لجسيمات ذهبية بلغت أقطارها أقل من الجزء الواحد من المليون جزء من المتر، ونعرف اليوم أن محاليل الذهب الغروية ومعلقاتها في الماء ستكتسب لوناً أحمر أخاذاً آسراً إذا ما بلغت أقطار جزيئاته أبعاداً أقل من الـ(100 نانومتر)[1].

لم يكن (فراداي) أول من عرف (ماء الذهب) أو (محلول الذهب الغروي) إن شئت تسميته بالتعابير العلمية الحديثة، فلقد عُرف من قبل عهود غابرة وغالباً ما كان يستعمل لطلي الزجاج.، ولكن مع ذلك يحتفظ (فراداي) بأسبقية دراسته بالصورة العلمية الحديثة فهو أول من بيّن أن سبب انتشار اللون البراق الذي كان يتحلى به (ماء الذهب) ويميزه عن غيره من أنواع الطلاء ليعود إلى الصغر الفائق لجزيئات الذهب فيه.

وإذا ماعدنا إلى إنجازات (كراهام) الكثيرة واخترنا منها نموذجاً لإبداعه في وصف المركبات الكيماوية لقلنا إنه كان من بين الأوائل الذين تمكنوا من تحديد الفروق الكيميائية والفيزيائية بين ثلاثة أنواع متغايرة من مركب (حامض الفوسفوريك) وكان السباق بذلك للتأسيس لمبدأ المركبات متعددة القلوية (Polybasic Compounds)، فعلى سبيل المثال: تمكن من التفريق بين حامض الفوسفوريك (والمعروف الآن بالمصطلح الكيميائي الحديث:($P_2O_5 . 3H_2O$) وهو ما يسمى بالحامض المائي لاحتوائه على ثلاث جزيئات ماء... وبين الحامض شبه المائي المسمى بايرو حامض الفسفوريك (Pyrophosphoric Acid) والمعروف الآن بالمصطلح الكيميائي الحديث:($P_2O_5.2H_2O$) والحاوي على جزيئتي ماء فقط ضمن تركيبه الكيميائي وبين حامض الفوسفوريك المتزهر، الذي لا يحتوي إلا على جزيئة ماء واحدة في تركيبه الكيميائي والمسمى (بالميتا حامض الفوسفوريك – Metaphosphoric Acid) والمعروف الآن بالمطلح الكيميائي الحديث($P_2O_5.H_2O$).

كما أثبت كذلك وجود ثلاثة من أملاح الصوديوم المتحدة مع جذر الفوسفات وهي (Na_3PO4)

(1) Nano meter – وهي وحدة القياس البالغة جزءاً واحداً من البليون جزء (أو من الألف مليون جزء) من المتر، ولتقنيات المواد بهذه الأبعاد (Nanotehcnology) تطبيقات ثورية في عوالم المواد المختلفة، لا نزال نتلمس طريقنا الحذر فيها لعجائبها ولغرائبها. (المترجم).

والمسمى بفوسفات الصوديوم، و(Na_2HPO_4) والمسمى بفوسفات الصوديوم أحادية الحموضة و(NaH_2PO_4) والمسمى بفوسفات الصوديوم ثنائية الحموضة.

إن لقانون (كراهام) الكثير من التطبيقات العلمية المعملية ساعدت العلماء وأعانتهم لإنجاز العديد من الاكتشافات. فعلى سبيل المثال: بالإمكان تعيين الكتلة الجزيئية لغاز مجهول باتباع الطريقة الآتية:

((يُحقن الغاز المجهول وبضغط معلوم إلى إحدى جهتي حاوية معدنية محكمة يفصلها ثقب صغير عن جزئها الثاني المفرغ من الهواء. ينتقل الغاز المجهول إلى الجهة الفارغة بواسطة عملية الانتشار خلال الثقب الدقيق حتى يتعادل ضغط الغاز على جهتي الحاوية وبالإمكان التحقق من ذلك بواسطة آلات قياس الضغط المتصلة بكل منهما. يُحسب الوقت اللازم لبلوغ التعادل والموازنة بين ضغط جهتي الحاوية بالنسبة للغاز المجهول. تعاد ذات العملية ويتم عين القياس بالنسبة لغاز معلوم، كالنتروجين الحر مثلاً، والآن وعند تعويضنا لمقدار الكتلة الجزيئية (Molecular Mass) لغاز النتروجين ومعدل الزمن اللازم لانتشاره ومعدل الزمن اللازم لانتشار الغاز المجهول -وتحت نفس ظروف درجة الحرارة ومنسوب الضغط- في (قانون كراهام)، يمكننا تعيين الكتلة الجزيئية لذلك الغاز المجهول)).

لقد كان (وما يزال) لهذا القانون تطبيقات صناعية وعسكرية مهمة جداً في أربعينيات القرن العشرين (1940s) عندما استعمل في منشآت المفاعلات الذرية لفصل الغازات المشتقة ذوات معدلات النفوذ والانتشار المتباينة -بسبب اختلاف أوزانها الجزيئية (Molecular Weights) بعضها عن بعض. وقد تم عملياً فصل نظيري اليورانيوم (U-235) و(U-238) عن بعضهما البعض، باستخدام خزانات الفصل الغازي بالانتشار والتي كانت تبلغ عدة مئات من الأمتار طولاً. أنجزت بالفعل -وتنجز اليوم- عمليات الفصل الغازي وذلك بالشروع ابتداءً بتفاعل اليورانيوم مع غاز الفلورين (Fl) وذلك لإنتاج غاز سادس فلوريد اليورانيوم (UFl_6) بنظيرين، الأول وهو الأثقل الذي يحتوي على نظير اليورانيوم الأثقل

أي (U-238) والثـاني وهو الأخف الذي يحتوي على نظـير اليورانيوم الأخف أي (U-235)، وحسب قانون (كراهام) للتنافذ فإن الغاز الثاني الأخف وهو الحاوي على اليورانيوم القابـل للانشطار سيكـون أسرع بالتجمع في نهاية خزان المفاعـل وبذلك يتم جمعه وزيادة نسبة تخصيبه.

لقد كان لطريقة الفصل الغازي بالانتشار أهميتها في ذلك التاريخ بالنظر لسعي الولايات المتحـدة المحموم آنذاك لتطويـر إنتـاج القنبلـة الذرية، فقد استوجبت العمليـة فصـل نظـير اليورانيـوم (U-235) المطلوب لإحداث التفاعل الانشطاري المتسلسل (وهو قلب وروح القنبلة الذرية) عن النظير الثقيل (U-238) والذي لا ينفع لذلك الغرض[1]. ولفصل نظير اليورانيوم (U-235) عن النظير (U-238) عمدت حكومـة الولايات المتحدة إلى بناء منشأة تخصيب اليورانيوم بطريقة الانتشار والتنافـذ الغـازي في مدينة كلنتـون (Clinton) في ولاية (تنسـي – Tennessee) وخصصت لذلك ميزانية ضخمة جداً بمقاييس أربعينيات القرن الماضي بلغت (100 مليون) دولار أمريكي.

وقد اعتمدت تلك المنشأة بالفعل على تنافذ غاز سادس فلوريد اليورانيوم (UFl_6) للنظيرين وفصلهمـا عن بعضهما باستعمال طريقة النفوذ عـبر ثقوب دقيقة ومن ثم تم نقل (اليورانيوم U-235) المخصـب لاستعماله في (مشروع منهاتن – The Manhattan Project) وهـو الاسم الرمزي لعملية إنتاج القنبلة الذرية التي أسقطتهـا على اليابان أواخر أيام الحرب العالمية الثانية عام (1945).

ولأجـل إتمام عمليـة فصل النظيرين، كان علـى المنشأة الذرية آنـذاك أن تعتمد ما لا يقل عـن (4000) مرحلة فصل جُمعت كلها في أسطوانة مـن الفولاذ الصلب حُفظـت في بناء جـاوز طوله نصف الميل (حوالي 800 مـتر) وبارتفاع خمسة طوابق. ولما كان مبدأ الفصل مبنيـاً على نفوذ غـازات سادس فلوريـد اليورانيوم (UFl_6) الحارقـة والمخرشة من خلال

(1) (U-238) – وإنما ثبت نفعه لزيادة الخراب والدمار واستهداف الدروع، وهو ما سمي (باليورانيوم المنضب)، مع كل ما جره وما يجره من تلوث بيئي وتسمم بشري طويل الأمد. (المترجم).

ثقوب مجهرية، ولتلك المسافة الطويلة وعبر كل تلك الخطوات الصعبة، فلك أن تتصور مدى ضرورة استعمال المواد عظيمة القوة والمقاومة لصناعة الفواصل الحاملة لتلك الثقوب كي تتمكن من تحمل كل ذلك الإجهاد الحراري والكيميائي قبل أن تنهار! ولعمري ما كان سيدور بخلد (كراهام) إذا ما علم بأن قانونه البسيط الذي ابتدعه بكل شفافية وبراءة لاستعماله للأغراض العلمية والتجريبية سوف يكون وبعد أقل من خمسة وسبعين عاماً على وفاته الأساس الفاعل والعصب المحرك للُبّ العملية التي أودت بحياة أكثر من (100000) شخص قُتلوا غير مأسوف عليهم بالقنبلتين الذريتين الأمريكيتين على هيروشيما ونكازاكي في اليابان.

في حوالي الساعة التاسعة من مساء يوم الثلاثاء الموافق السادس عشر من شهر سبتمبر (1869)، فاضت (وانتشرت) روح (ثوماس كراهام) إلى بارئها. فقد وافاه قدره المحتوم في منزله الكائن في (No.4 Gordon Square، in the London Boroyth of Canden). وقد ظلت ذكراه شاخصة منذ ذلك اليوم بواسطة تمثاله البرونزي المهيب الذي انتصب في(ساحة الملك جورج) في مقاطعة (كلاسكو) بعد أن أزيح الستار عنه في عام (1872).

لقد نُحت قالب ذلك التمثال وصُبّ جسمه بشكل معبّر، شخّص (كراهام) بنظرة متفائلة إلى المستقبل يتأبط كتاباً نُقشت عليه آلات علمية. ومن المفرح أن يُعبر ذلك التمثال على سمو الخلق وطيب الوفاء إضافة إلى تعبيره عن إنجاز العلم وروعة الإبداع، ذلك لأن ثمنه وكامل مصاريف نصبه كان قد تبرع بها الصناعي الثري (جيمس يونك – Young) وقد كان أحد تلامذة (كراهام) النجباء.

وبإمكان المهتمين بالاطلاع على الكثير من الصور الفوتوغرافية والاستزادة من معاني ذلك التمثال، الرجوع إلى مؤلف (راي ماك كنزي – Ray Mckenzie) تحت عنوان (تماثيل ونصب مدينة كلاسكو)، وللذين يرغبون في المزيد عن خلفية تعميده [كالأب الشرعي لعملية (الميز الغشائي – Dialysis)] الرجوع إلى مقدمة كتاب (تاريخ علوم وأمراض الكلى، الجزء الثاني) لمؤلفيه (كرابيد اكنوين – Garabed Eknoyan) وزملائه.

ومـــن التطبيقات المثـيرة الأخرى (لقانون كراهام) ما جاء في كتـــاب (طبيعة العلوم) لمؤلفه (جيمس تريف – Trefil James) والذي جاء فيه:

((من التطيقات المدهشـة والغريبة لهذا القانون، هو وضـعه نصـب العين عند إطلاق مركبات الفضــاء المأهولة إلى أعماق الفضــاء البعيـدة في رحلاتها لفترات طويلة، ففي خلالهـا وبعد مرور الوقت الكافي لابد لغاز الأوكســجين الـذي يملأ قمرات الملاحين وبقية (قمرات) طواقم المركبات الفضائية من أن يتسرب ويتلاشى إلى الفضاء الخارجي عبر الطبقات المتعددة لهيكل سفنهم الفضائية – حسب ما ينص عليه قانون (كراهام)– ولتلافي ذلك لابد للسـفن الفضــائية خلال رحلاتها صوب أعماق المجرات من حمل مولداتها الذاتية لتجهيز غاز الأوكسجين))[1].

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة

• يـكاد يقيننـا يـزداد يوماً بعد يـوم وكلما توغلت معرفتنـا في دواخل وأسرار الكـون.. بأن موجده ومهندسه (تبارك وتعالى) كان قد بناه وأنشأه على أسس رياضية.. وهكذا قدّر له أن يبقى.

جينز

James Hopewood Jeans، (The Mysterious Universe)، 1930

مقتطف من كتابه (الكون الغامض) طبعة عام (1930).

• تـبرز عيانـاً إلى السـطح –ما بين فترة وأخرى– بعض الفروق الحسـابية أو الجوهرية ما بين واقع الظواهر والحقائق المقاسـة، وبين القوانـين التي تتنبأ بها وتتوقعها.. وهذا لعمـري هو سرّ تقدم الفيزياء لأنهـا دائمـة المواظبة واللهاث وراء تعديل هذا القانون أو ذاك عسـى أن يكونـا أكثر دقة وأقل زيغاً في

(1) إحـدى الأفكار المستقبلية التي ستتبناها وكالة (ناسـا – NASA) الفضائية الأمريكية لحل مشكلة تخزين الأوكسجين اللازم للحيـاة خـلال الرحلات الكونية البعيدة (والتي قد تستغرق سنين طويلة) هي ليس بحمل صهاريج الأوكسجين وإنما بتوليده طبيعياً باصطحـاب نبتـات نباتية حية معهـم تجهزهم بالأوكسجين وتحل لهم مشكلـة تراكم غاز ثاني أوكسيد الكربـون وتزودهم بالغذاء كذلك. (المترجم).

المستقبل عما سبق.

دوهام

Pierre Duham، (The Aim and Structure of Physical Theory، 1962

مقتطف من كتابه (غرض وهيكلة النظرية الفيزيائية).

• لقد تنوعت مشارب وميول وآراء الإعلام الأكثر قرباً من واقع التقدم العلمي وخفاياه غاية التنوع، كما تضاربت وتغايرت مفاهيم وأفكار ونظريات فلاسفته ذروة التضارب حول طبيعة مجمل قوانين الكون والغاية من ورائها... فهي معادلات ورموز رياضية اختلقها البشر ليس إلا [كما ارتأى آينشتين (Einstein) وبور (Bohr) وبوبر (Popper)]، وهي سرمدية أبدية الوجود لم يوجدها بشر [كما ذهب إلى ذلك بلانك (Plank)]، وهي علامات بينة على حقيقة النظام السرمدي الذي ينطوي عليه الكون [في رأي آينشتين]، وهي لا تعدو عن كونها نماذج عملية لا تكتسب شرعيتها ووجودها إلا من خلال استعمالها وإثبات مطابقة تنبؤاتها مع الواقع [كما اعتقد كل من فون نيومن (Von Neumen) وفينمن (Feynman)]، لا بل هي خطوات صغيرة على درب فهم الحقيقة الكاملة الطويل [كما آمن فينمن (Feynman) ودوتش (Deutsch)]، وقد تكون خطوات مجهولة على طريق لا نهاية له [كما قال بورن (Born) وبوبر (Popper) وكوهن (Kuhn)].

فراين بلانارزه

(Michael Frayn، (The Human Touch)

مقتطف من كتابه (اللمسة البشرية).

• لقد تضارب فهم المقصود -الحقيقي- من كلمة (نظرية)، فاستخدامها من قبل العلماء يغاير استيعاب معناها من قبل العامة... ولقد استغل المناهضون للتطور هذا التضارب وعمقوا هذا الخلاف سلباً (لغرض في نفس يعقوب)... وعليه فإن لي أن أقترح (ودفعاً للارتباك والشك ومن أجل الاستخدام الأمثل للغة الطيّعة التي بين أيدينا)، أن نحصر استخدام كلمة (قانون) على المعرفة والحقائق العلمية الثابتة والتي لا نشك فيها إلا بمقدار شكنا في قيمة قطعة حقيقية من الذهب الخالص، وأن نتوقف تماماً عن تسميتها

(بالنظريات) التي نطلقها على كل ما دون ذلك.

ثومبسون

Clive Thompson، (A war of Words)، WIRED

من مقالة له بعنوان (الحرب الكلامية).

قانونا فاراداي للحث الكهرومغناطيسي والتحلل الكهربائي

FARADAY´S LAWS OF INDUCTION AND ELECTROLYS

إنجلترا، 1831

قانون الحث الكهرومغناطيسي:

ينتج أي حقل مغناطيسي متغير حقلاً كهربائياً.

قانون التحلل الكهربائي:

أثناء أي عملية للتحلل الكهربائي، يتناسب مقدار التغيّر الكيميائي الذي يحدثه تيار كهربائي مع كميته المستخدمة، كما يتناسب مقدار التغيّر الكيميائي الذي تحدثه ذات الكمية من الكهرباء في المواد المختلفة مع أوزانها المكافئة.

محاور ذوات علاقة

جوزيف هنري (JOSEPH HENRY)، وجيمس كلارك مكسويل (JAMES CLERK MAXWELL)، وهمفري ديفي (HEMPHRY DAVY) وهنريخ هرتز (HEIRICH HERTZ)، وكوكليلمو ماركوني (GUGLIELMO MARCONI)، وهانز أورستد (HANS ORSTED)، وأندريه - ماري أمبير (ANDRE - MARIE AMPERE)، وفرانسوا أراكو (FRANCOIS ARAGO)، وشارل - أوكست كولوم (CHARLES - AUGUSTIN COULOMB)، وأوتو فون كيوركي (OTTO VON GUERICKE)، وهرمن فون هلمهولتز (HERMANN VON HELMHOLTZ)، وقانون لنز (LENZ´S LAW)، وعدد أفوكادرو (AVOGADRO´S NUMBER)، ومعادلات ماكسويل (MAXWELL´S EQUATIONS).

من أحداث عام 1831

- أبحر شارل دارون (Charles Darwin) في رحلته الشهيرة حول العالم على متن سفينة صاحبة الجلالة المسماة بيكل (الباحث) - H.M.S. Beagle.

- ولد عالم الفيزياء الرياضية الأسكتلاندي (جيمس كلارك مكسويل – James Clerk Maxweel) والـذي اشتهر لاحقاً بوضعه لمجموعة المعادلات (والقوانين) الأساسية التي تحكم ظاهرتيْ الكهربائية والمغناطيسية وهن اللاتي ما سيعرفن باسمه.
- تم افتتاح جسر لندن الشهير.
- ابتدأ استعمال طلائع الحافلات العامة التي تجرها الخيول في مدينة نيويورك الأمريكية.
- كتب الشاعر والكاتب (صموئيل فرانس سمث – Samual Francis Smith)[1] كلمات قصيدته الشهيرة (إليك ياوطني أغني – My Country' Ts of Thee).

نص قانون فراداي للحث الكهرومغناطيسي وشرحه (1831)

يعتـبر اكتشاف العالم الإنجليزي (ميشيل فراداي – Michael Faraday) لظاهرة الحث الكهرومغناطيسي من أجلّ وأهم أعماله قاطبة، فلقد لاحظ في عام (1831) بأن في استطاعته دائماً توليد تيار كهربائي محسوب في ملف سلكي موصّل عند تحريك قطعة مغناطيس داخله. لقد قـام العالم الأمريكي [جـوزف هـنري (1878-1797) Joseph Henry] بتجاربه المماثلـة في ذات الوقـت وبصورة مستقلة، وتلعـب هذه الظاهرة اليوم الـدور الأساسي في تجهيزنا بالطاقة الكهربائية من محطات توليدها على اختلاف أنواعها.

لقـد لاحظ (فاراداي) أيضاً أنه، كلما حرّك سلكاً موصلاً بجانب قطعة مغناطيسية دائمة، فـإن تياراً كهربائياً سيتولد في السلك، كما لاحظ تكوّن تيار كهربائي في سلك آخر منفصل عنـد إمـراره لتيار كهربائي في ملف قريب منه، ولما أعاد تجاربـه بإمرار تيارات مختلفة الشدة خـلال الملف نفسـه، لاحظ تغيّر شدة الفيض المغناطيسي المتولد عنه، الأمـر الذي أدى إلى إمكانيـة تسجيـل تغيرات ملموسة متزامنـة في التيار الكهربائي المار خـلال السلك الموصل

(1) (1808-1815) – كاتب صحفي ومؤلف ورجل دين (مُعَمِّد) مسيحي ولد في مدينة بوسطن وكتب هذا النشيد الوطني الأمريكي في عام 1831 (المترجم).

الموجود بالقرب منه والمنفصل عنه.

لقد بيّن الفيزيائي الإسكوتلاندي [جيمس كلارك مكسويل James Clerk Maxweel (1831-1879)] لاحقاً أن التيار الكهربائي المتغير والمار في ملف السلك الموصل الأول والمؤدي إلى تكوين (المغناطيس الكهربائي) متغير الفيض، والذي -بدوره- تمكن من إحداث التيار الكهربائي الممكن تتبعه في السلك الموصل الثاني المنفصل الموضوع إلى جانبه لم يكن ليحدث تياراً فيه فقط، وإنما استطاع كذلك إثارة حقل كهربائي (بمعنى تحريك الإلكترونيات) في كامل الفضاء المحيط به ولو من دون وجود أي شحنة، وما كان فضل السلك الموصل الثاني المنفصل في تلك الحالة (وكما عبر عن ذلك مكسويل) إلا كونه واسطة أو وسيلة للكشف عن ذلك الحقل الكهربائي الذي ولّده (وفي كامل الفضاء المحيط به) حقل الفيض المغناطيسي الذي تولّد في الملف الأول بعد إمرار التيار الكهربائي المتباين خلاله، والذي ولّد بدوره المغناطيس الكهربائي المتغير فيه.

لقد عبر (مكسويل - Maxwell) عن تغيرات الفيض المغناطيسي وعلاقته بـ(حث)، وتوليد [القوة الدافعة الكهربائية (ق.د.ك) (Electromtive Force (emf)]، وبما يعرف اليوم [بقانون فرداي للحث (Induction)] الكهربائي بالقانون التالي:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_m}{dt}$$

حيث تمثل (ε) هنا - مقدار القوة الدافعة الكهربائية (المحتثة) في السلك و(Φ_m) مقدار الفيض المغناطيسي المار خلال دائرته.

وكمثال تقريبي لما يمكن أن نتصوره بخصوص هذا (الفيض)، فنقول بإمكانية تشبيهه بمقدار وكمية الماء المتدفقة خلال مقطع خرطوم الماء الحاوي له في كل وحدة زمنية (ثانية مثلاً). أما (فراداي) فقد اعتقد وتصور طبيعة الحقل المغناطيسي وكأنه مكوناً من العديد من (خطوط الحث)، والتي يمكن الاستدلال على وجودها كلما قربنا (إبرة بوصلة) منها، حيث ستدلنا عليها. وعليه فإن مجموع تلك الخطوط التي سيحدث وأن تتقاطع مع أية مساحة معينة

مفروضة، هو ما سيولد (الفيض المغناطيسي) فيها.

بنـاء على ذلك (وبالاستناد إلى ما نادت بـه معادلة الحث السابقة)، فإن أي تغيير في الحقل المغناطيسـي لابـد وأن يصاحبه تولد (قوة دافعـة كهربائيـة "ق.د.ك" Electro motive Force (emf)) في دائـرة السلـك الموصـل القريب منه بحيث يمكـن الاستدلال عليها بملاحظة تكون تيار كهربائي فيها، ولهذا فبالإمكان (من وجهة النظر الفيزيائية) اعتبار مقدار الـ(ق.د.ك) في أيـة دائرة تجسيداً لمقدار (الشغـل – Work) المنجز من قبل وحدة الشحنة المتولدة من الحقل الكهربائي أثناء حركتها خلال دائرته المغلقة.

وإذا ما ألقينا نظرة فاحصة مقربة على معادلة الحث آنفة الذكر، فسيسترعي انتباهنا وجود علاقـة التناسب الطردي ما بين مقـدار (ق.د.ك) المحتثة في دائرة كهربائية ما ومقدار معدل التغـير في كمية (الفيض المغناطيسي) عبرها. أما وحدة تلك القوة الدافعة الكهربائية (emf) فستكـون (بالفولت Volt)، إذا كانت وحدات الفيض المغناطيسي مقاسه بوحدات (الويبر – Weber) في الثانية الواحدة (و/ثا – W/s).

أمـا ما يجـذب النظر في (قانون فراداي) آنف الذكر فالصبغـة السالبة التي توشحه، وهذا مـا بينه (قانون لنـز – Lenzs Law) والذي ينص على أن لكل من القوة الدافعة الكهربائية (ق.د.ك) والتيـار المحتث صفة الاتجاه وبطريقة تعاكس التغيير الذي ولدهما آنفاً. أما واضع هذا القانون فهو الفيزيائي العريق الروسي المولد والألماني الجنسية (هنريخ لنز 1804–1865 Heinrich Lenz) وذلـك في عـام 1833، وبناء على ذلـك وكمثال واحد بسيط على حقيقـة هذا التصور في ذاك القانـون نقول بأنه كلما أمعنا في محاولتنا زيادة مقدار (الفيض – Flux) المغناطيسـي خلال دائرة كهربائية، كلما تولد لدينا تيار كهربائي ديدنه العمل على إنقاص ذلك الفيض. وللدلالة على صدق ما ذهب إليه هذا القانون، دعنا نتصور ما يحدث عكس ذلك، فإذا أمكن عكس (قانون لنز) فإن زيادة (الفيض) ستكون زيادة في مقدار قيمة التيار المتولد، والذي سيعمل بدوره على زيادة (الفيض) الذي ولده، وهذا بدوره سيعمل على زيادة مقدار (القدرة – Power) في تلك الدائرة.. وإلى ما لا نهاية. ولكننا نعلم جيداً أنه من

المستحيل الوصول إلى تلك الحالة استناداً إلى الحقائق والتجارب اللتين أثبتتا عدم إمكانية بلوغ منسوب القــدرة اللانهائية في أية دائرة بالنظر لسريان التيــار الكهربائي المحتث فيها بشكل وباتجاه معاكس دائماً للتغير المغناطيسي الذي أوجده أول مرة.

وللململة استنتاجاتنا وما توصلنا إليه من كل ما سبق نقول: إذا كان لدينا ملف يحتوي على عدد معين من اللفات مقدارها (N) فإن القوة الدافعة الكهربائية (ق.د.ك) المتولدة سيمكن رصدهــا في كل لفة منه، وسيكــون لها جميعاً صفة التجمع والتكامل. وعليه بإمكاننا إعادة صياغــة القانون الذي يحكم الـ (ق.د.ك المحتثــة – Induced emf) في ملف (مكتض) وعلاقتها بالفيض المغناطيسي المسؤول عن توليدها بالمعادلة الرشيقة التالية:

$$\varepsilon = -N\frac{d\phi_m}{dt}$$

لقــد تمكن (دونالد كرســت – Donald Kerst) مــن جامعة (إلينويــز – Illinoise) الأمريكيــة في عام (1941) من توظيف **(قانــون فراداي)** سالف الذكر بطريقة جريئة مدهشة فاعلة باختراعه المعجّل الإلكتروني المسمى (بالبيتاترون – Betatron). وبإمكان هذه الآلة تعجيــل الإلكترونات إلى طاقــات عظيمة جداً وذلك بإمرارها خــلال أنبوب معدني مجوف مفــرغ من الهــواء، دائري الشــكل يشبه تماماً (حلــوى فطيرة الدونــت – Doughnut) بالضبط. يتــم إخضاع الإلكترونات (في تلك الآلة لتعجيلهــا) إلى حقل كهربائي متولد عن فيض مغناطيسي مجاور يولــده مغناطيس كهربائي. تتعرض الإلكترونات المحقونة إلى داخل تلــك الدائــرة، وفي كل مرة تــدور فيها خلالها إلى فــرق جهد كهربائي مســاوٍ لمقدار القوة الدافعــة الكهربائيــة (Electro–Motive Force – emf) المختبئة فيه.. وعليه ستكون القوة الدافعة الكهربائية المتولدة عبارة عن دالة لمقدار الفيض المغناطيسي المتولد بدلالة الزمن وستخضع للقانون الآتي:

$$\boldsymbol{\varepsilon} = d\Phi_m\, m/dt$$

حيث تمثل $\boldsymbol{\varepsilon}$ – القوة الدافعة الكهربائية (emf).

و Φ_m – مقدار الفيض المغناطيسي المتولد.

و (d–/dt) – بدلالة الزمن.

يمكن الاستفادة من الإلكترونات التي يولدها معجل (البيتاترون – Betatron) في العديد من بحوث فيزياء الجسيمات الأولية وفي بحوث الأشعة السينية (X–Ray) فائقة التغلغل والنفوذية (وإنتاجها)... والمفيدة جداً في علاج بعض أنواع الأورام السرطانية. ومن الجدير بالذكر أنه بإمكان هذا النوع من المعجلات وعند تجهيزها بمقدار طاقة تبلغ (100 مليون إلكترون) فولت، وتسمى اختصاراً بالميكا إلكترون فولت (100 MeV)[1] أن يدفع بسرعة الإلكترون الدائر خلاله إلى سرعة فلكية تبلغ ما لا يقل عن (0.999986) من سرعة الضوء.

ولتوضيح ما ذهبنا إليه في شرحنا السابق، دعنا –على سبيل الفهم– نحل مسألة عملية وتجربة فيزيائية أجريت في أحد معجلات البيتاترون، قطع خلالها إلكترون مسافة (10x2مرفوعة إلى القوة الخامسة) دورة داخل حلقة الجهاز قبل أن يتم توجيهه وإطلاقه صوب شريحة معدنية لغرض إنتاج الأشعة السينية (X–Ray).

إذا علمت أن مقدار القوة الدافعة الكهربائية (emf) المستعملة خلال الوقت المخصص للتجربة كان قد بلغ [$(d\Phi_m/dt) = 400$] فولت، احسب الطاقة التي يحملها هذا الإلكترون قُبيل اصطدامه بالشريحة المعدنية المخصصة كهدف له في تلك التجربة، واحسب سرعته النسبية كذلك.

الحـــل:

بعد أن يكون الإلكترون قد قطع مسافة (10x2مرفوعة إلى القوة الخامسة دورة)، فإنه كان قد تعرض إلى ما يعادل [(10x2 مرفوعة إلى القوة الخامسة) 400x] أو ما يساوي [(10x8 مرفوعة إلى القوة 7)] فولتات. وعليه ستبلغ طاقته الكلية ثمانين ميكا إلكترون فولت (80 MeV).

(1) MeV –يعتبر الإلكترون – فولت إحدى وحدات قياس مقدار الطاقة في الفيزياء، وتعرف بأنها مقدار الطاقة الحركية الخالصة التي يكتسبها إلكترون حر عند تعريضه إلى فرق جهد كهربائي مستقر مقداره (فولت) واحد يؤدي إلى تعجيله.
1eV = (14) 10x1.60217653 مرفوعة إلى الأس السالب 19 جول.(المترجم).

وباستعمــال المعادلات المتوافرة لحساب مقدار الطاقة الحركية التي يكتسبها مثل ذلك الإلكترون والــذي أصبح الآن يسير بسرعة نسبية عالية جداً نستطيع أن نحسب سرعته النسبية والتي ستبلغ في مثل تجربتنا تلك ما يعادل (0.99998) من سرعة الضوء!!

قانون فراداي للتحلل الكهربائي (1833)

دعنــا قبل أن نبتدئ بشرح قانون فــراداي للتحلل الكهربائي ومناقشته، أن نراجع شيئاً من مبادئ الكيمياء الأولية ونفهم شيئاً عن معاني مفردات هذا القانون.

يُعرَّف (التحلل الكهربائي للمــواد) بأنه عبارة عن عملية إمرار تيار كهربائي خلال محاليل موصلــة له، أو خلال منصهرات أمــلاح بعض العناصر والتي يؤدي مروره خلالها إلى تحللها واستخلاص مركباتها الأولية منها. وعليه فحينما تتم عملية إمرار تيار كهربائي مستمر خلال محلول موصل للكرباء (كأن يكون مُنْصَهَراً لأحد أملاح مادة ما، أو محلولاً حقيقياً لها)، فإن تفاعــلاً كيميائياً شديــداً يحدث عند نقاط تماس الدائرة الكهربائيــة المغلقة بذلك المحلول أو المنصَهَــر، وعادة ما تتحقق نقاط التماس تلك باستخدام أقطــاب معدنية (أو غيرها) موصلة للكهربــاء تُغمر فيها. يسمى القطب المتصل بالجانب السالــب للبطارية (بالقطب الكاثودي – Cathode Pole) وهــو المســؤول عن نقل وتجهيز الإلكترونــات من البطارية، ويسمى القطــب المتصل بالجانــب الموجب للبطارية (بالقطــب الأنــودي – Anode Pole) وهو المســؤول عن استــلام وإرجاع الإلكترونات من داخل المحلــول أو المنصهر بواسطة السلك الذي يربطه بالبطارية إليها.

وقد يتذكر بعض القراء الأعزاء الإعجاب والدهشة التي تملكتهم أثناء إجراء عملية التحليل الكهربائــي للماء في الفصل العملي من دروس كيميــاء مرحلة الدراسة المتوسطة، فما حصل في تلــك التجربة لم يكن سوى إمــرار تيار كهربائي مستمر مستمداً من بطارية سائلة –أو من محولــة كهربائيــة متصلة بمكبس التيــار الكهربائي المتردد الاعتيادي الــذي يُجهز كافة مرافق المدرسة– خلال قطبين معدنيين نظيفين مغمورين في حوض من الماء تحت دورقين زجاجيين

مقلوبين إلى داخل الحوض ومملوئين بالماء، كي يمكن جمع الغازين المتولدين من عملية (التحلل الكهربائي للماء إلى غازيْ الأوكسجين والهيدروجين) داخلهما.

تتم عملية التحليل الكهربائي للماء وفق المعادلة الآتية:

$2H_2O$ سائل ← $2H_2$ غاز + O_2

يعتبر الماء (من الناحية العملية) موصلاً رديئاً للكهربائية، وعليه فلابد من إضافة قُطيرات قليلة من حامض الكبريتيك (H_2SO_4) شديد التأين وذلك من أجل تسهيل عملية مرور التيار الكهربائي خلاله بطريقة كفوءة. وتحصل التجربة على طاقتها اللازمة لفصل أيوني الأوكسجين والهيدروجين عن بعضهما، كما تحصل أي عملية تحلل كهربائي أخرى على طاقتها من منبع عام للتيار الكهربائي. وإذا ما مر في بالنا الاستفسار المهم عن معنى (Electrolysis) أو التحليل الكهربائي لوجدنا الجواب أمام أعيننا في ذات الكلمة نفسها، فالملحق (lysis) يعني بالإغريقية (تحلل أو فصل) ولهذا نجد أن الكلمة العربية للمصطلح ليست بحاجة إلى تفسير يذكر.

يؤمن الكثير من علماء اليوم بأهمية هذا النوع من التفاعل الكيميائي الفريد وذلك لإمكانية تجهيز غاز الهيدروجين (H_2) القابل للاحتراق وتحرير الطاقة، الأمر الذي يؤهله حتماً لاحتلال مركز مرموق كأحد مصادر الطاقة المجهزة لمحركات ومكائن المستقبل، هذا من ناحية، ومن ناحية ثانية فإن الغواصات النووية التي عليها أن تغوص وتبقى تحت سطح الماء لفترات طويلة جداً ستستفيد أقصى الاستفادة من هذا التفاعل الذي سيمكنها من توفير احتياجاتها الطويلة الأمد ذاتياً من الأوكسجين، وربما لبعض احتياجاتها الموازية البسيطة للطاقة عن طريق الهيدروجين الناتج عرضياً من توليدها للأوكسجين.

وكمصدر رئيس رخيص الثمن فائق الوفرة لحصولنا على مادتين ثمينتين أساسيتين لكثير من الصناعات والأغراض، يمكننا الحصول على كل من عنصري غاز الكلورين (Cl_2) والصوديوم الحر (Na) عن طريق التحليل الكهربائي لمنصهر ملح الطعام الاعتيادي عالي النسبة سهل الاستخلاص من مياه البحار والمحيطات المالحة.. وحسب المعادلة الآتية:

$2NaCl$ منصهر ← $2Na$ منصهر + Cl غاز

ينطوي (قانون فراداي) على شقّين اثنين. ينص الأول على **تناسب مقدار التغير الكيميائي الناتج (داخل أي منصهر أو محلول حقيقي مركز) عن التيار الكهربائي خلاله مع كميته ومقداره**، أي أن مقدار العناصر المفصولة أو المترسبة بواسطة عملية إمرار تيار كهربائي خلال محاليلها أو منصهراتها يتناسب دائماً مع مقدار وكمية الشحنة الكهربائية المارة خلال تلك الدائرة. وينص الثاني على **أن مقادير التغيرات الكيميائية أو كمياتها التي تنتج عن طريق إمرار أي كمية من الكهرباء خلال مختلف المواد لابد أن تكون متناسبة أيضاً مع أوزانها المكافئة** (Equivalent Weights). وبالمثل فإن مقدار كتلة العناصر المترسبة أو المفصولة لابد أن تكون متناسبة مع كتلها الذرية (Atomic Masses). إن التدقيق بالمعنى المستخلص من تلك المشاهدات يمكننا من الاستنتاج بأن لذرات العناصر المختلفة كميات محددة (مستقلة) من وحدات الشحنة الكهربائية.

يُكتب قانون فراداي للتحلل الكهربائي اليوم على الشكل الآتي:

$$m = \frac{Q}{qn} \cdot \frac{M}{N_A} = \frac{1}{96,485\ C} \cdot \frac{QM}{n}$$

حيث تمثل m – مقدار كتلة المادة المتحررة أو المترسبة عند قطب خلية التحليل الكهربائي مقاسة بوحدة الغرام.

و Q – كمية الشحنة الكهربائية التي تم إمرارها خلال محلول أو منصهر ملح المادة الموصلة لها بوحدة الكولوم.

و q – مقدار شحنة الإلكترون الكهربائية الواحد ومقدارها (10x1.602 مرفوعة إلى القوة السالبة (19–) بوحدة الكولوم / لكل إلكترون واحد.

و n – هو المتغير المساوي لقيمة مقدار التكافؤ للمادة الموجودة في المحلول أو المنصهر عندما تكون في حالتها الأيونية.

(يُعرَّف مصطلح قيمة مقدار أو عدد التكافؤ (Valence Number) بأنه العدد الذي يتراوح ما بين (–4 و+7) والذي يصف أسلوب اتحاد الذرات في أي تفاعل كيميائي. فعلى سبيل المثال بإمكان فلز الحديد أن يتخذ عدد تكافؤ (+3) عند تفاعله بصفة (الحديديك – ferric) و(+2) عند تفاعله بصفة (الحديدوز – Ferous). ويتخذ الهيدروجين دائماً عدد

التكافؤ المساوي لـ(+1)، كما يتخذ عنصر الألومنيوم عددي التكافؤ (+2) و(+3) في حالتي الألومنيوز والألومنيك على التوالي على حين يتخذ غاز الكلور المتأين دائماً عدد التكافؤ (−1)... وهكذا.

و M – هي مقدار الكتلة العيارية (Molar Mass) للمادة مقاسة بوحدة الغرام لكل وزن عياري (Mole) من تلك المادة.

و N – هو عدد أفوكادرو من الأيونات والمساوي لـ[6.022× (10 مرفوعة إلى القوة (23)] أيوناً لكل وزن عياري من المادة.

أما القيمة العددية المذكورة في القانون وهي (96،485.3383) والتي تحمل وحدات (الكولوم لكل وزن عياري واحد) فتسمى بثابت فاراداي (F) والتي تُعرَّف بأنها مقدار الشحنة الكهربائية التي يحملها وزن عياري (Mole) من الإلكترونات، أي مقدار الشحنة الكهربائية التي يحملها عدد أفوكادرو من الإلكترونات، ويكتب التعبير النصي الأخير رياضياً كما يأتي:

$$F = N_A \cdot q$$

وأخيراً فإن الحرف (C) يعني وحدة التيار وهي (الكولوم).

والآن دعنا نستفيد من التطبيق العملي لقانون فاراداي لحل مسألة يُطلب فيها منا تعيين كمية المادة المستهلكة أو المنتجة عند أحد أقطاب خلية تحليل كهربائي، آخذين بنظر الاعتبار ما تعلمناه سابقاً من أن مقدار المادة المستهلكة عنده أو المترسبة عليه لابد وأن يتناسب طردياً مع مقدار الكهربائية(والمقصود هنا مقدار الشحنة الكهربائية) المارة خلال خلية التحليل. وتذكَّر أيضاً أنه عند إمرار (أمبيراً واحداً) من التيار خلال دائرة كهربائية لمدة ثانية واحدة من الزمن فإننا في الحقيقة (وحسب التعريف السابق) نُمرر ما مقداره (كولوم واحد) من الشحنة خلالها.

والمطلوب منك الآن هو تعيين عدد غرامات عنصر فلز الصوديوم الحر المترسبة على القطب السالب (الكاثود – Cathod) في خلية تحليل كهربائي تحتوي على منصهر مادة كلوريد الصوديوم (ملح الطعام الاعتيادي – NaCl) عند إمرار تيار كهربائي فيها

مقـداره (20 أمبيراً) مدة 8 ساعات متواصلة.

نبـدأ حل المسألة بحساب كمية الشحنة الكهربائية التـي ستمر خلال دائرة خلية التحليل الكهربائي موضوع الحديث:

$$20 \text{ amperes} \times 8 \text{ hours} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hour}} \times \frac{60 \text{ sec}}{1 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ ampere sec}} = 576.\ 000 \text{ C}$$

ويعني الحرف (C) هنا وحدة الأمبير.

ثـم نستعمل ثابت فـراداي لتعيين مقدار الأعداد العياريـة (Number of Moles) من الإلكترونـات (e−) والتي ستنتقل إلى خلية التحليـل الكهربائي عند إمرار (576.000) من كولومات الشحنة الكهربائية خلالها:

$$576.000 \text{ C} \times \frac{1 \text{ mol e-}}{96{،}485 \text{ C}} = 5.97 \text{ mol e-}$$

وبمـا أن كل أيـون حر واحد مـن الصوديوم (Na+) يحتاج إلكـترون واحد لترسيبه على القطب السالب (Cathod) للخلية على شكل العنصر الحر وحسب المعادلة الآتية:

$$\boxed{Na^{+} + e \rightarrow Na}$$

فإننـا سنحصل بالفعل على وزن عياري واحد من فلز الصوديوم الحر لقاء كل عدد عياري واحد مـن الإلكترونات (ويساوي هـذا العدد بالمناسبة عدد أفـوكادرو من الإلكترونات)، وعليـه فلكي ننتج ما مقداره (5.97 وزناً عيارياً) من عنصر الصوديوم لابد لنا من أن نضرب كل وزن عياري واحد منه بعدد غرامات الصوديوم الموجودة فيه «وهذا يساوي وزنه الذري (Atomic Weight) بالضبط بالغرامات أي (22.99g)»، وكما يأتي:

$$5.97 \text{ mole Na} \times \frac{22.99 \text{ g Na}}{1 \text{ mol Na}} = 137.25 \text{ g Na}$$

وهـي كمية فلز الصوديوم الحـر الممكن استخلاصها من منصهر ملـح كلوريد الصوديوم

في(8) ساعـات. وعليه فلكي ننتج كيلو غراماً واحداً من عنصـر الصوديوم بطريقة التحليل الكهربائـي لمنصهر ملحه الموجود طبيعياً كمادة ملح الطعـام أو كلوريد الصوديوم (Nacl) لابد لنا من إمرار تيار كهربائي مقداره 20أمبيراً لمدة»

$$\frac{1000g \times 8h}{137.25g} = \quad 58.287797 \text{ ساعة}$$

أي ما يعادل يومين وعشر ساعات وعشر دقائق.

للفضوليين فقط

• لقد كان (سِفر أيوب)[1] من التوراة، أحب قصصه إلى فراداي وأكثرها إثارة لحماسه، ولعله كان أكـثر الفصـول تجسيداً على يده، فكثيراً ما كان يَذكـرُ للمقربين منه أنه ليس سوى إحدى صنائـع الإله (تبارك وتعـالى)، وأن المغزى الحقيقي من وجوده وحياته شخصياً هو في توضيح وبيان عظمـة خلق الله (عز وجل) من ظواهر وأحداث في الكون للناس (والصبر على ذلك)، ليدركوا معانيها ومن ثم ليتوصلوا إلى إدراك شيء من عظمة الخالق (العظيم جل وعلا).

• حدث خلال فترة أربعينيات القرن التاسع عشر (1840s) أن وقع فراداي في أحضان، وعانى كثيراً من إصابته بالانهيار العصبي التام.

• انخـرط خلال الفترة ذاتها ضمن رعايا الكنيسة السندمنيانية – Sandemaniam[2] Cahrch) وصـار أحد كبار أساقفتها وقد أثرت كلتا الحادثتين في مجرى حياته تأثيراً بالغاً انعكس سلباً على نوعية إنجازاته وكميتها خلال تلك الفترة.

(1) The Biblical Book of Job – وهـو أحـد فصول التوراة القديمة التي تـروي قصته سيدنا أيوب (عليه السلام) ابتداء من وصـف شخصيتـه وأحواله إلى إصابته بالمرض وامتحانه من قبل الله (عز وجل) وخلاصه أخيراً. وتعتبر من أكثر قصص التوراة (وقد جـاء ذكرهـا في القرآن الكريم أيضاً) عبرة وتأثيراً وتمثل ملخص صراع الخير والفضيلة مع الشر والرذيلة بالمفهوم التوراتي، وقد كُتبت شعراً وهي بعدة أقسام. (المترجم)

(2) أو Glastie – إحـدى النحـل المسيحيـة التـي أسسها (جون كلاس – John Glas) حوالي سنـة (1730) في اسكتلاندا ونشرها صهره (روبرت سندمن – Robert Sandeman) إلى بريطانيا وأمريكا. وتؤكد على ضرورة عمق الإيمان بالله (سبحانه) وبتضحية المسيح –عليه السلام– (المترجم).

• طُبعت صورة وجهه الوسيم على الورقة النقدية الرسمية لبريطانيا العظمى من فئة العشرين باونداً (20£) خلال الفترة (1991 – 1993).

• كُـرِّم بإطـلاق اسمه علـى وحدتين مهتمين من وحـدات القياسـ الكهربائي، فهناك [الفاراد – F (Farad)] وهي وحدة قياس مقدار السعة للمتسعات أو المكثفات الكهربائية، و [الفرادای – Fd (Faraday)] وهي وحدة قياس الشحنة الكهربائية.

• واظب (فراداي) على حضور دروس مكثفة في التمثيل والخطابة بغية تقليل تأثير اللعثمة اللافتة التي كان يعاني منها عند نطقه ولغرض التخلص منها تماماً.

• اشتغل مساعداً وكان له تأثير كبير على أعمال عالم الكيمياء والفيزيائي الإنجليزي الشهير (همفري ديفي – Hemphry Davy) وكان دائم المواظبة على تجربة الغازات الجديدة التي كان يكتشفها على نفسه!! فعرَّض نفسه بذلك مراراً إلى خطر الموت، ولكنه بأسلوبه ذاك كان قد تمكن من اكتشاف فوائد وصفات غاز «أوكسيد النتروز (Nitrous Oxide (NO»[1].

أقوال مأثورة

– لقد شحذت علاقة فراداي بالطبيعة نوعاً من التعمق والنشوة الروحية لديه، فلم يمكن الفصل ما بين إيمانه وشعوره الديني من جهة وبين إدراكه وعمقه العلمي من جهة ثانية، كما تمتع بموهبة المزج والتزاوج بينهما حتى إنك لتلاحظ أمشاج التناسق والوئام بينهما ظاهرة على كل أعماله.

تندال

John Tendall (Faraday as a Discoverer)

مقتطف من كتابه (فراداي المكتشف).

– لقـد ولد (فراداي) في العام ذاتـه الذي توفي فيه الموسيقار اللامع (موزار – Mozart)...[2] لم تصل

(1) والذي عُرف فيما بعد (بالغاز المضحك) (وقد استعمل قديماً كغاز مخدر في عيادات خلع الأسنان. (المترجم).

(2) اسمه الكامل – Johannes Chrysostomus Wolfgang Theophilas Mozart (1756–1791) موسيقـار موهـوب من العهـد الكلاسيكي. ألف ما ينيـف عن (600) عمل شملت قسـم وروائع السمفونيات والكونسرتـات وموسيقى القاعـات (Chamber Music) ومقطوعات البيانو والأوبرا والموسيقى الكورالية (– Choral Music). ابتدأ تأليفه الموسيقي وهو في الخامسة من عمره وعزف أمام الملوك وهو في السابعة عشرة. (المترجم).

شهرته ولم يتمكن الناس من استيعاب كافة أعماله والتمتع بها كما وصلتهم شهرة (موزار) وطربوا لأعماله، ولكننا ندرك اليوم أن في أهمية إنجازات الأول وتأثيرها على الحياة وعلى الحضارة ما يوازي إن لم يفق تأثير عبقرية الثاني عليها. لقد صنعت اكتشافات فراداي (للدوران الكهرومغناطيسي – Electromagnatic Rotation) و(الحث المغناطيسي – Magnetic Induction) الأسس الحقيقة الصلبة للتقنيات الكهربائية الحديثة، وكونت البوتقة المتكاملة والهيكل المناسب لجمع وتوحيد نظريات الكهربائية والمغناطيسية والضوء.. لقد آمن (فراداي) ودافع بضراوة عن اعتقاده القائل بأن ما يمنح الأجسام صفاتها المعروفة لا يتأتى من مادتها بذاتها وإنما من تأثير كافة أنواع القوى التي تملأ الفراغ فيما بينها عليها.

كودنك

David Gooding, (New Light on an Electric Hero), Times Higher Education Supplement

من مقالته في ملحق جريدة التايمز اللندنية للتعليم العالي والتي نشرت بعنوان (أضواء جديدة على بطل كهربائي لامع).

– عاش الغالبية العظمى من فيزيائي العالم على مر العصور حياة ضمن مستوى الطبقة الوسطى من عامة الشعب، وقد وجدوا أنفسهم بضمنها من مستوياتها الدنيا إلى العليا وشقوا طرق حياتهم وسط خضمّها جميعاً، ولم يجدوا (أو يضعوا) أنفسهم قط في مستويات سمت أو تدنت عما سبق... إلا (ميشيل فراداي) فقد كان استثناء واضحاً وشذوذاً فريداً عن القاعدة السابقة، فقد ولد في أكثر أماكن لندن اكتظاظاً بالسكان وأكثرها فقراً وبؤساً وضيقاً وكمداً..

كروبر

William H. Cropper, Great Physicists.

مقتطف من كتابه (فيزيائيون عظام).

ملخص لسيرة حياة المكتشف

ولد العالم الفيزيائي والكيميائي [ميشيل فراداي (1791–1867) Michael Faraday] الذي اشتهر بقانونه الذي بيّن العلاقة ما بين الحقل المغناطيسي المتغير وقابليته للتأثير على الحقل الكهربائي المصاحب له، وبتجاربه في مجال التحليل الكهربائي، في منطقة (نيونكتن بتس –

Newington Butts) جنوب مدينة لندن.

كان أبوه حداداً مُعدماً، بلغت به الفاقة وضيق ذات اليد إلى درجة أنه ما كان ليعطي أولاده -وفراداي- مثلهم سوى رغيف خبز (لوف -Loaf) واحد وعليهم مسؤولية اعتباره حصة طعامهم من دار أبيهم لمدة أسبوع كامل. انتمى وعائلته إلى (الكنيسة السندمنيانية – Sandemanian) النابعة من أحد مذاهب الديانة المسيحية التي تأسست في سكوتلاندا عام (1730). تضمنت تعاليمهم التركيز المعمق على معاني الحب والروح التعاونية الجماعية وبالإيمان المطلق العميق بصحة التوراة وتعاليمها.

شرح (ال. بيرس وليامز – L. Pearce Williams) مدى تعلق فراداي وعائلته بذاك المذهب ومدى تأثيره العميق البالغ عليهم على وجه العموم وعلى (فراداي) ذاته على وجه الخصوص وذلك في مدخله من كتاب (معجم سير العلماء الذاتية) قائلاً:

((لقد منحته (السندمنيانية – Sandemanism) تشرباً روحياً عميقاً وغائراً في الشعور بضرورة وحدة الكون التي لابد وأن تنبع من وحدة ولطف ورحمة خالقه (سبحانه وتعالى) وعمق الإحساس بضآلة الإنسان وضعفه تجاهه. لقد أسهم هذا الإحساس ودفع (فراداي) دفعاً إلى إجراء تجاربه (حول الكهربائية) وهو مفعم بالشجاعة والإيمان التامين بوحدة وترابط كافة الظواهر الكونية وبدرجة عظيمة من اليقين لا جدال ولا مجال للشك فيه مطلقاً، الأمر الذي لم يدع حيزاً لأي تردد في نفسه عند إقدامه على نشر نتائج تجاربه التي توصل إليها)).

آمن (فراداي) إيماناً راسخاً بأن المولى (تبارك وتعالى) قد خلق الكون برمّته وهو (وحده) الذي أبقاه ثابتاً مستقراً يدور بانتظام ويُحكم (بقوانين)، كما آمن أيضاً بأن كل تجاربه واختباراته إنما هي محكومة بالقدر الذي ألهمه العقل والحكمة والقابلية على كشف الحقائق والأسرار التي انطوى عليها وتوضيحها وتقديمها إلى عقول العامة وألباب معاصريه وزملائه من العلماء، والذين سيقومون (إن رغبوا بذلك) بالبناء والاعتماد عليها لدفع عجلة العلوم والتقدم إلى الأمام. كما ولا يخفى أنه اعتقد اعتقاداً جازماً بصحة كل ما جاء في التوراة، وأن

اعتقاده كان راسخاً حرفياً مطلقاً، ولكنه ووفق مقتضيات العقل ومتطلبات الحنكة والحكمة كان عليه أن يقوم بالاختبار والتجريب بصورة معمّقة علمية لا تقبل الجدال؛ لأنه -وببساطة- اعتقد أيضاً أن في الإثبات العلمي والبرهان الحسّي العملي قوة إقناع لا تجاريها قوة مثلها، وأن فيهما المنطلق والأساس لقبول كافة التأكيدات والمشاهدات الأخرى إن هي استندت عليها.

ذكر (بنس جونز - Bence Jones) في كتابه الشيّق (حياة ورسائل فراداي) عن لسانه قائلاً:

((لم أكن في بداية حياتي وريعان شبابي سوى فتىً حالماً خيالياً أحب الاستماع إلى القصص ورؤية الأحداث وتصديقها -على علاتها-، لقد كنت من الموقنين بصحة وصدق كل شيء قرأته سواء كان (قصص ألف ليلة وليلة) أو ما جاء على صفحات (موسوعة المعلومات البريطانية)، ولكن على قدر ما يتعلق ذلك (بالحقائق) فقط، فقد كانت من أحبابي الأقرب إلى قلبي وحدسي ووجداني. لقد آمنت بالحقائق الملموسة الصادقة، وكنت قد اتخذت عهداً على نفسي أن أجرّب وأفحص وأطمئنّ إلى (تأكيد) أي حقيقة قيلت لي أو لغيري أو حتى مجرد قد سمعت بها، قبل قبولي إياها)).

وبناء على عهده ذاك، فقد دأب (فراداي) على إعادة قياس كل ما جاء تأكيده على لسان معاصريه وأبحاثهم ومن سبقهم، كلما وجد إلى ذلك سبيلاً. وقد خصص بالفعل جلّ وقته للتجريب وإعادة التجريب قبل أن يُعلن قبوله لأي تأكيد جاء قبله أو استنتاج.

أما بخصوص معتقده بالمذهب (السندمنتي - Sandemanism) وعن أصل ذلك المذهب وعمق تأثيره عليه وعلى أعماله وشخصيته، فإليك مختصر عنه:

لقد انحدر جل أتباع هذا المذهب وتحولوا إليه بعد أن كانوا أتباعاً لمذهب آخر انتشر في أسكتلندا وهو المذهب (البرسبتاري - Presbyterian)[1] والذي كان تابعاً إلى كنيسته في أسكتلندا والكنيسة الإنجليزية. وفي عهد (فراداي) وشبابه كانت معظم الكنائس (السندمنتية)

(1) Presbyterianism - وهو دين وعقيدة العديد الجم من الكنائس التابعة للمذهب (الكالفيني - Calvinist) ضمن المذهب (البروتستانتي - Protestantism) المسيحي. وأهم ما يدعو إليه من الأسس اللاهوتية هو عبادة الله (عز وجل) والإيمان بصدق كافة أجزاء العهد القديم (التوراة)، وبالحصول على الرحمة والعفو الأبدي من خلال الإيمان بالسيد المسيح -عليه السلام- (المترجم). راجع حاشية صفحة (429) كذلك.

تدار من قبل الشيوخ والرهبان والقساوسة من كبار السن، والذين كان قد وقع الاختيار عليهم دون أدنى التفاتة أو اهتمام لا بمستواهم التعليمي ولا لتحصيلهم الدراسي والثقافي ولا المهني والذين كانوا رغم الاختلاف في مناصبهم، سواسية لا يختلف أحدهم عن الآخر علماً ولا فهماً ولكنهم كانوا قد أجمعوا على اتباع تعاليم واحدة لا يختلفون عليها فكانوا يُحرِّمون أكل لحوم الحيوانات والدواجن المقتولة خنقاً، كما كانوا يحرمون شرب الدم، ومن المكروه جداً وإلى حدّ التحريم أن يحاول أحدهم اكتساب ثروة أو يميل إلى جمع مال.

لقد بدا (المذهب السندمنتي) بالفتور والاضمحلال من العالم بعد وفاة (فراداي). وقد بدأ أتباع هذا المذهب بتركه رويداً رويداً حتى آلت جميع الكنائس (السندمنتية) إلى الاختفاء التام من أمريكا بحلول عام (1890). أما (فراداي) نفسه فكان قد أعجب بهذا المذهب منذ صباه وكان كثيراً ما يصفه بالمذهب البسيط المعتدل، ومن أكثر المذاهب المسيحية تسامحاً وقرباً للنفس وترويضاً لها. أما (روبرت سندمن – Robert Sandman) منشئ الكنيسة الخاصة بهذا المذهب فقد وصفه بأنه:

((المذهب الذي يؤمن إيماناً خالصاً بوجود الله (عز وجل) وأن وجوده (جل وعلا) لبيِّن من خلال كافة التناقضات الموجودة في الكون الذي خلقه، وعلى الذين لديهم ذرة من شك أو قطمير من حيرة أن يرفعوا أنظارهم إلى سمو السماوات فوقهم وعظمتها، ويفكروا في موجدها ومن رفعها عند ذاك ستبدد شكوكهم وستنجلي حيرتهم مهما تجذرت)).

لم ينل (فراداي) في طفولته ولا في صباه أي تعليم مطلقاً، فقد كان بالكاد –وكما ذكرنا سابقاً– يستطيع الحصول على رغيف واحد يقوّت صلبه أسبوعياً! وقد كتب هو نفسه عن تعليمه قائلاً:

«كاد تعليمي –ولندرته وبساطته– ألاّ يذكر، فقد كان اعتيادياً ودون أدنى مستوى يخطر لك على بال ولم تكن في جعبتي منه إلا النزر القليل من بقايا قراءة متعثرة وكتابة مشوهة وشيء من الحساب لا يُفهم ولا يمت للدقة بصلة، والخلاصة لقد كانت كل حصليتي من التعليم لا تكاد تفوق ما يناله طالب اعتيادي في يوم دراسي ابتدائي (واحد)».

ولقد اضطر لما بلغ عامه الثالث عشر ولم يكد يتمكن حينها من فك رموز الخط بعد، أن يترك المدرسة وينخرط في أسواق العمل اليدوي المتعب والجهد الجسمي المضني لكسب لقمة عيشه بنفسه، وما كاد...

وصف (توماس وست – Thomas West) مؤلف كتاب (عين البصيرة – Mind's Eye) وبإسهاب معاناته في صعوبة التعلّم أولاً، وابتلائه بمعاناته من التلعثم الشديد في قدرته على النطق ثانياً، كما وصفه بضعف الذاكرة ومواجهته لصعوبات جمة في إدراكه لمبادئ قواعد اللغة وأسس التنقيط (Puncutation) في الكتابة، مضافاً إليها شيء من ضعف القابلية الرياضية[1]. ولكنه رغم كل ذلك كان يتمتع بحاسة بصر حادة ثاقبة وذهن متوقد صاف. ذكر (مكسويل –Maxwell) لاحقاً بأن قوتي حدس وبصيرة (فراداي) كانتا من القوة والدقة بحيث إنه كان باستطاعته توليف الصور الذهنية الكاملة لخطوط القوى (المغناطيسية والكهربائية) واستشراف تكوّنها وهندستها ونظام توزيعها لتملأ كافة الفراغات المحيطة بوحدات تجاربه ومن ثم قابليته على استنتاج أشكالها ونُظم هندستها بأسلوب منطقي مفهوم ومقبول.

لم يتوان (فراداي) في صباه وشبابه على ممارسة أرذل الأعمال وأحقرها في سبيل الحصول على دريهمات معدودة يقوّت بها نفسه ويدفع كاهل الفاقة وشبح الجوع والعوز عن أفراد عائلته، فقد زاول توزيع الصحف اليومية وباع الكتب القديمة وعمل مجلداً للكتب الجديدة ورفع القمامة ونظّف الشوارع، ومع ذلك ظلت همته عالية ورغبته في التعلّم وتطوير نفسه حاضرة. لقد تحققت بعض أمانيه عندما أخذت الأمية بالانحسار في أوروبا وجاء مد المعرفة وانتشار القراءة بفضل تطور صناعة طبع الكتب وتوزيعها، وما نجم عن ذلك من ارتفاع في مناسيب شراء الكتب بسبب رخص أثمانها، ولم يجد (فراداي) متعة في حياته كتلك التي كان يشعر بها ويلتذ حينما عمل بطباعة وتجليد وتنظيف الكتب التي وصلت إلى متناول يده نتيجة

(1) أشك في وجود الموجب الأساسي المرضي أو الخلقي لكافة تلك الأعراض ولا أظنها ثانوية ناتجة من أي علة. ولعلها بمجملها تنطوي تحت عوارض وظواهر سوء التغذية الذي عانى منه فراداي طويلاً، بدليل عدم ذكر التاريخ لأي ترسبات أو عوارض رافقته منها إلى مراحل رجولته. (المترجم).

عمله فصار قريباً منها. لقد حاول اقتناص تلك الفرصة وبدأ شيئاً فشيئاً يطور قابليته وإمكانيته على القراءة والفهم. ولقد أعجب خلال تلك المدة أيما إعجاب بكتاب (الدكتور إسحاق وات – Dr. Isaac Watt) الذي عنوانه (تطوير المهارات الذهنية) واحتفظ بنسخة منه (في حلّه وترحاله) دائماً معه في جيبه وصار يتفحصها ويقرأ –بل ويحاول فهم وتطبيق– كل ما جاء فيها من نصائح رفع الهمة وتطوير الذات وتنوير الفهم والذهن. وخير ما أعجب به (فراداي) من كتابه ذاك هو مناقشته للسبل الثلاثة لتطوير ملكة الذكاء، وهي: حضور المحاضرات وأخذ الملاحظات عما تسمع وترى بدقة والتفاعل والاحتكاك المستمر مع كل من له ميول يشابه ميولك واهتمامات تقترب من اهتماماتك.

أما إيقاد شعلة حب (فراداي) للعلوم بصورة عامة وشغفه وهيامه بموضوع الكهربائية بصورة خاصة وسلبها إياه لبّه، فقد حدث عن طريق صدفتين غريبتين غير متوقعتين تماماً حضّرهما له القدر الذي كان قد اختط له مستقبله ليكون عالماً مرموقاً وأباً شرعيّاً لعظميات نظريات الكهرباء وأشهر قوانينه وكان قد كتب ذلك سلفاً في لوح الأزل.. ففي أحد الأيام وقعت بين يديه نسخة من (الموسوعة البريطانية) لأحد زبائنه ليجلّدها له، فأعجب بها أيما إعجاب وافتتن غاية الافتتان بـ(127) صفحة منها كانت شرحاً لِمُدخل جديد أذهله وأحبّه اسمه (الكهربائية – Electricity)، فما كان به إلا أن سارع لدراستها، ثم لتطبيق بعض التجارب المبسطة التي جاءت تلك الموسوعة على ذكرها باستعمال ما وصلت إليه يداه من قنان قديمة وقطع خشب عتيقة، كما تمكن من بناء آلة مبسطة تدار باليد غرضها إنتاج بعض الشرارات الكهربائية. وبعد أن تعمق في دراسة ما استطاع الحصول عليه من كتب ومعلومات (ربما عن طريق عمله كمجلد للكتب والمخطوطات) توصل إلى استنتاج مهم مفاده: أنه رغم معرفة العلماء للكهرباء ووصفهم لها منذ قرون، إلا أن هناك الكثير والكثير جداً مما يجب عليهم فهمه ودراسته بعد.

تلك كانت الصدفة الأولى، أما الثانية وهي التي غيّرت حاله وأبدلت حياته إلى الأبد، فكانت في عام (1812) حينما أصيب العالم الإنجليزي العظيم [همفري ديفي (1778–1829) Hemphry Davy] بالعمى المؤقت نتيجة انفجار إحدى تجاربه عليه مما اضطره إلى البحث

عن مساعد له من أجل إكمال تجاربه التي لم يتمكن منها فكاكاً، فساق القدر (فراداي) إليه فعيّنه (ديفي) مساعداً له. (وللمهتمين الذين يرغبون في التعرف على المزيد من تفاصيل ذلك الانفجار وعلاقته بأعمال الكيميائي الفرنسي [بيير دولو (1785–1838) Pierre Dulong]، انظر مدخل (قانون ديولو وبتي للحرارة النوعية The Dulong – Petit Law of Specific Heats) في هذا الكتاب صفحة(416). وفي عمله معه تعرّض (فراداي) بدوره إلى مجموعة من الانفجارات من جراء تجاربه وأعماله. أما أخطرها فكان يوم حمل بين أصبعيه الإبهام والسبابة أنبوباً يحتوي على مركّب (ثالث كلوريد النتروجين – Nitrogen Trichloride (NCl_3)) القلق، وعندها حدث الانفجار المروع الذي أوشك أن يطيح بيده كلها!

وبعد أن ثبّت أقدامه في ميدان العلوم وصار معروفاً في مجالات تجاربها شرع بنشر أبحاثه، وكانت غرّتها ذلك الذي نشره في عام (1816) وكان بعنوان (تحليل مادة جير توسكاني الحارقة)[1] Analysis of Caustic Live Tuscany) وفي عشرينيات القرن التاسع عشر (1820s) تمكن من عزل المادة الكيمياوية التي تعرف اليوم باسم (البنزين – Benzene)[2]، وبعد عدة تجارب واختبارات توصل إلى حقيقة احتواء هذا المركب الجديد على أعداد متساوية من ذرتي الكربون والهيدروجين، فأطلق عليه اسم (الهيدروجين المكربن – Carbonated Hydrogen). وفي عام (1820) تمكن ولأول مرة في تاريخ الكيمياء من توليد مركبي الكربون والكلورين المعروفين علمياً باسم (رابع كلورو أثيلين[3] (Tetrachloroethylene) – أو – رابع كلورو أيثين (Tetrachloroethene) ورمزه الكيماوي (C_2Cl_4).

---

(1) Caustic Lime – ويسمى بالجير المحروق أو الجير السريع وهو مركّب أوكسيد الكالسيوم (CaO) القاعدي البلوري الأبيض اللون وكثيراً ما يستعمل كمادة أولية للبناء. وكملاط لشد الطوب والأحجار بعضاً ببعض.. ويختلف عن الإسمنت (الكونكريت) بضعف مقاومته للرطوبة. (المترجم).

(2) Benzene – أو البنزول مادة كيمياوية من فصيلة الكحولات العضوية، رمزها الكيمياوي العام (C6H6) وهو عبارة عن سائل عديم اللون سريع الاشتعال حلو الرائحة يستعمل كمذيب عضوي، وهو من المواد المسرطنة المعروفة (المترجم).

(3) ويسمى (بسائل الغسيل الجاف – dry-cleaning fluid) وهو سائل شفاف يستعمل لذلك الغرض، عديم اللون ذو رائحة (حلوة) يمكن تمييزها ابتداء من تركيز 1000000 / 1 – جزء واحد من مليون جزء في الهواء. وكان عالمنا (فراداي) قد تمكن من تحضير المركب الأول من تسخين المركب الثاني. (المترجم)

وسادس كلورو أيثيلين (Hexachloroethelene) أو سادس كلورو ايثين (Hexachloroethene) ورمزه الكيماوي (C_2Cl_6).

وفي عام (1821) تزوج من الحسناء الناعمة ذات الثلاثة والعشرين ربيعاً (سارا برنارد – Sarah Barnard) والتي منحته زواجاً سعيداً مريحاً فرح به أشد الفرح طوال حياته معها. لاحظ في ذلك الزواج أن (سارا) لم تكن بذلك الذكاء الحاد ولا الألمعية التي كان يتمتع هو بهما، ولكن (شحنات) العاطفة المتدفقة والحب الدافئ الذي منحته إياه كان كل ما هو بحاجة إليه. لم تدرسْ (سارا) الكيمياء من قبل ولم تحاول البروز فيها، ولكنها كانت فخورة بما هي عليه وبإمكانياتها المتأججة لكسب حب واحترام زوجها وفنونها في إضفاء كل ما من شأنه أن يضيف البهجة والحبور والارتياح إلى حياته. نقل مؤلف كتاب (**ميشيل فرادای**) الكاتب (ال.بيرس وليامز – L. Pearce Williams) قولها بثقة:

> **«نعم... لا أظنني بحاجة إلى الكيمياء أملأ بها رأسي واقلق بها راحتي... فهي مادة على قدر عال جداً من الأهمية والصعوبة وقد تمكنت من الاستحواذ على رأس (فراداي) كاملاً، إضافة إلى سلب كل اهتماماته إلى الدرجة التي حُرم معها من النوم. أما أنا فقد رضيت غاية الرضا عن دوري -كمجرد وسادة- تستطيع أن تعيد هذا الرأس العبقري، وذلك الذهن الشارد المشغول المتوقد إلى نومه الهادئ ببساطة!! فلا حاجة لي برأسه وإنما حاجتي في قلبه)).**

ولعل (فراداي) كان محظوظاً لحصوله على مثل تلك الزوجة، إلا أن التاريخ يروي لنا أنه أوشك أن يفقد تلك الحانية الذكية رغم جمالها ومواصفاتها الاجتماعية المميزة فقد كانت ابنة (راعي الكنيسة السندمنيهSandemanian Elder). حدث ذلك بعد أن أُعجب بها وأعجبت به، فأهداها في خلال أحد لقاءاتهما قصيدة شعرية – حاله حال كل المعجبين والمحبين – إلا أنه وبدل أن يتغزل بها ويسمعها همس قلبه وألحان حبه، جرح شعورها في العمق بتمجيده (للعلم!!) فيها ومدحه إياه بطريقة فهمت منه وأفهمها بأن الحب ما هو إلا خُدعة تسلب المرء لبه وتُفقده وعيه وتمنعه من تحقيق غاياته السامية. أدارت له ظهرها وغلّقت بوجهه أبواب قلبها بعد تلك القصيدة المشؤومة، فما كان منه إلا أن أدرك مدى (غبائه العاطفي) و (أُميته في معاملة

النســاء) وهو العالم الذكي المتميز في علم الكهرباء والكيمياء فبادر بإصلاح خطئه القاتل ونجح أخيراً باسترجاع قلبها الطائر، إليه وغرامها القاهر به بعد أن أفهمها أن حبه وولعه وهيامه بها لا يقل، بل قد يفوق حبه وولعه وهيامه بالعلم الذي بين يديه، فقبلته زوجاً لها.

لقد سبق التطرق إلى اكتشاف (فراداي) لمواصفات الكهرومغناطيسية وأبحاثه الفيزيائية ذوات العلاقـة. أما عمله المبدع الجديد بخصوص تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية فقد نُشر في عدد تشرين أول (اكتوبر) من عام (1821) في الدورية العلمية المرموقة (المجلة الفصلية للعلوم) تحت عنوان (حول بعض العلاقات والحركات الكهرو – مغناطيسية و نظرية المغناطيسية).

أما تجربته الفريدة، وما احتواه مقاله أعلاه فقد كان وصفاً دقيقاً ومدهشاً لما قام به بالفعل:

((لقـد قام (فراداى) بإدخال سـلك كهربائي بصـورة عمودية في مركـز إناء زجاجي وختم قاعه ثم ملأ الإناء بالزئبق وأرسـل تياراً كهربائياً خلال ذلك السـلك من أسفل الإناء إلى أعلاه، ثم قام بعد ذلك بوضع قضيب مغناطيسي فيه وأركسه في قعره بحيث يقف منتصباً داخله. أسفله مستقر وحر الحركة، وأعلاه ظاهر يُرى فوق سطح مستوى الزئبق في الإناء، ولما أغلق (فراداي) دائرة السلك الكهربائية وبدأ التيار يسير فيه ابتدأ قضيب الحديد المغناطيسي بالدوران وكأن تياراً خفياً أو قوة ما تجبره على الدوران. لقد كان ما فعله (فراداي) حينها يمثل وبطريقة ما أول محرك كهربائي في الوجود!)).

اشتعلـت نـار الحسد في قلب (همفري ديفـي – Hemphry Dauy) لـما شاعت شهرة (فراداي) العلمية وابتدأ نجمه بالصعود، وغضب غضبا شديداً وفقد أعصابه من غيرته مما صنعه غريمه، فصار يتهجم عليه في كل مجلس ولقاء ويتهمه بسرقة أفكار زملائه ومساعديه، وقد بلغ به الحنق والكراهية مبلغاً أعماه، فصار يُؤلب عليه المعارف والعلماء ويستحثهم على نقض طلباته للانتماء إلى الجمعية الملكية أو انتخابه عضواً فيها، ولكن باءت كافة محاولاته بالفشل وجرّ أذيال الخيبة عندما نجحت مساعي (فراداي) وتم انتخابه بالفعل عضواً فيها في عام (1824).

وفي عـام (1831) أهدتـه نباهته وحدسـه إلى اكتشاف فريد. لقد كانـت فكرته هذه المرة تتمحور حول إمكانيته جعل تيارٍ كهربائي يمر في سلك معزول ويولد تياراً آخر في سلك ثانٍ

معزول عــن الأول. ولهذا الغرض قام بربط مقياس للتيار الكهربائي من نوع (الكلفانومتر – Galvanometer) وتثبيته بطرفي سلك لفه على جانب حلقة معدنية غليظة (تشبه فطيرة الدونت)، وعلى جانبها المقابل قام بربط سلك آخر بدائرة كهربائية خارجية بعد أن لفه بنفس الطريقــة حولهــا. أما خطته فكانت بإرســال التيار الكهربائي من المصــدر والذي سيدور في السلك المربوط به ويولد نوعاً ما من (الحلقات المغناطيسية) – أو الفيض) والذي سيتدفق عبر فراغ الحلقة الحديدية الغليظة ويحث توليد تيار كهربائي جديد في السلك الثاني المربوط بجهاز الكلفانومــتر وسيعتبر تجربته وتفكيره صائبين إذا ما تمــت قراءة أي مقدار من التيار الكهربائي (وقــد تولد في الملف الثاني) في ذلــك الجهاز. ولكن ما وجده (فــراداي) حقيقة، وعند غلق الــدورة الكهربائية وإمرار التيار الكهربائي في حلقات السلك الأول كان تحركا مفاجئاً تم في الجهــاز بمعنى تولد كمية تيــار فيه ثم عودته فوراً إلى قراءته الصفرية مهما كانت فترة بقاء التيار سائــراً في الملف الأول. ولكن المفاجأة الحقيقية، وما أذهله فعلا هو ما حدث عند فتح الدورة الكهربائية الأولى وقطع التيار الكهربائي عن ملف السلك الأول، فحينها، وحينها فقط لاحظ تولد التيار الكهربائي في السلك المربوط بجهاز الكلفانومتر (بدليل تحرك إبرته)!!

أمــا حقيقة ما اكتشفه فــكان احتفاظ حلقة الحديــد بالمغناطيسية التي ولدهــا مرور التيار الكهربائــي في سلــك الملــف الأول المتصــل بالمنبــع. عملت تلــك المغناطيسيــة المتبقية (أو المحفوظــة) وبعد انقطاع التيار (بحثّ) تيارٍ جديدٍ في ملف السلك الثاني. كما وجد أن هذا التيــار (الثانــوي) الجديد لا يتولد إلا عند زيادة أو نقصان التيار في الملف الأول المتصل بالمنبع – ولا يتولــد أي تيار في الملف الثانوي حين استمرار مرور تيار ثابت في الملف الأول ومهما كانت فترة وصله بالمنبع.

قام (فراداي) بوصف ملاحظاته التي صاغها بلغة إنكليزية بسيطة على شكل قانون ينص على:

(1) تولد القوة المغناطيسية تياراً كهربائياً كلما تغيرت.

(2) تزداد كمية الكهربائية المتولدة كلما زادت سرعة تغير القوة المغناطيسية التي (تستحثها).

بعــد عدة أسابيــع من التجــارب والمحاولات خــرج (فراداي) علــى الملأ وقــد أثبت أن

باستطاعته استعمال المغانيط الدائمة لتوليد التيارات الكهربائية كما أثبت أنه بالإمكان تحويل القوة المغناطيسية إلى قوة كهربائية. واستعمل في ذلك قرصاً نحاسياً ينتج تياراً كهربائياً عندما يدور ما بين قطبي مغناطيس دائم.

لقد كان لتلك التجربة تأثيراً إيجابياً باقياً (وراسخاً) على تاريخ تجارب وتوليد الكهربائية والمغناطيسية وكافة تطبيقاتها منذ ذلك الحين وحتى اليوم، فقد استطاع العالم (مكسويل – Maxwell) في خلال ستينيات (1860s) و سبعينيات (1870s) القرن التاسع عشر الاستفادة من الأسس والمبادئ التي أرساها (فراداي) لوضع نظريته في الحقول الكهرومغناطيسية. والحقيقة أن نظرية (فراداي) التي صورت خطوط القوى وهي تنتقل بصورة ديناميكية حركية ما بين الأجسام التي لها صفات كهربائية ومغناطيسية، هي التي مكنت (مكسويل) من اشتقاق نظريته الرياضية لوصف طريقة انتشار الموجات الكهرومغناطيسية، فقد استعمل في عام (1865) طريقة رياضية ليُثبت بواسطتها أن انتشار تلك الموجات يتم بسرعة الضوء وبنفس طريقة انتشار موجاته في الفراغ. لقد مهد ربط سرعة الموجات الكهرومغناطيسية بسرعة الضوء لوضع الأسس الأولية للاتصالات الراديوية والتي أثبتت التجارب العملية التي قام بها العالم الفيزيائي الألماني المعروف [هنريخ هرتز – Heinrich Hertz (1857–1894)] في عام (1888) صحتها، الأمر الذي مهد بدوره الطريق وفتحه أمام المخترع الإيطالي الشهير [كوكليلمو ماركوني – Guglielmo Marconi (1874–1937)] لوضع التخطيط العملي وبناء أول جهاز راديو في العالم.

لم تكن إنجازات (فاراداي) ولا أفكاره يوما مجرد إرهاصات فكرية وتطلعات خيالية، وإنما كانت ذات تطبيقات عملية خطيرة صار لها أعظم الأثر في حياة كل فرد على كرتنا الأرضية، فقد أدت قوانينه إلى اختراع (المولدات الكهربائية) التي تنتج قوى مغناطيسية دائمة التغير عن طريق إدارة المغانيط باستمرار، أما حركة هذه المغانيط فيمكن إدامتها عن طريق مجاري المياه الساقطة أو الشلالات أو البُخار أو الغاز الطبيعي، أو عن طريق أي مصدر طاقة آخر حفري كان أم نووي. وإذا ما أُديرت المغانيط العملاقة في المولدات الجبارة صار بإمكاننا توليد الكهربائية برتابة واستمرارية،

وما علينا إذا ما رغبنا في زيادة محصول الكهربائية الناتجة منها إلا زيادة سرعة دورانها.

وبإمكاننا الاطلاع على العديد من التجارب الأخرى التي قام بها (فراداي)... فعلى سبيل المثال وفي إحدى تجاربه، عمد إلى إعادة تجربته السابقة مع حلقة الحديد الشبيهة (بحلوى الدونت – Donghnnt) ولكن باستعمال ملفين منفصلين [الف(أ) وباء(ب)] ثابتين، قرّب أحدهما من الآخر وربط أحدهما: (أ) بمفتاح وببطارية تزوده بالقوة الدافعة الكهربائية وبالإلكترونات. وربط الثاني (ب) بجهاز قياس كمية ومقدار القوة الدافعة الكهربائية (ق. د. ك.) المارة به (الكلفانومتر). ولما أغلق الدائرة الكهربائية الحاوية على الملف (أ) شاهد انحراف إبرة الكلفانومتر المربوط بالملف (ب) بصورة مؤقتة، ولما فتح الدورة (الحاوية على الملف أ) وقطع عنها تيار البطارية الكهربائي، لاحظ انحراف إبرة الكلفانومتر المربوط بالملف (ب) أيضا ومرة أخرى بصورة مؤقتة ولكن بالاتجاه المعاكس. وبناء على ذلك استطاع إثبات، وبالتجربة العملية أن هناك قوة دافعة كهربائية تتولد في الملف (ب) كلما تغير مرور التيار الكهربائي في الدائرة الحاوية على الملف (أ).

شرح (فراداي) تجاربه ونتائجه بأسلوبه الخاص في بحث نشره عام (1832) وكان بعنوان (في سبيل حث واستحداث التيارات الكهربائية)، وقد جاء فيه:

((أحضرتُ قطعة كبيرة ومناسبة من الخشب ولففت حولها مئتين وثلاثة أقدام من سلك النحاس المعزول كهربائياً وبطول واحد مستمر دون اي انقطاع، ثم قمت بإحضار ما مقداره مئتين وثلاثة أقدام من ذات السلك النحاسي ولففتها بشكل حلزوني متداخل ما بين دورات السلك الأول وحرصت ألا يوجد أي تماس ولا تلامس بين أي من أجزاء السلكين أبداً (أي أن يكونا معزولين عزلاً كهربائياً تاماً). ثم قمت بربط طرفي أحد الملفين الحلزونيين بقطبي جهاز (الكلفانومتر) وربطتُ طرفي الملف الثاني مع قطبي بطارية كهربائية متكونة من مئة زوج من الألواح النحاسية والتي سبق وأن قمت بشحنها شحناً جيداً. كما حرصت على جودة الاتصالات بين الأقطاب ونقاط التلامس وتأكدت مرة أخرى من عدم وجود أي تلامس أو خُدوش ما بين الملفين ذاتهما أو أي جزء من أسلاكهما المتظافرة. ولما قمت بإغلاق الدائرة الكهربائية وإمرار التيار الكهربائي من البطارية خلال الملف

الأول، لاحظت حدوث انحراف فجائي بسيط في الكلفانومتر المربوط بالملف الثاني، كما لاحظت عين ذلك الانحراف الجزئي الضئيل عند فتحي لدائرة البطارية الكهربائية وقطع مسار التيار خلالها. وفي الحالة الثالثة ولما حرصت على استمرارية إمرار التيار من البطارية خلال الملف الأول، لم ألاحظ أي تغير في حركة إبرة (الكلفانومتر) المربوط بالملف الثاني، ولم ألاحظ استحداثه أي كهربائية محسوسة أبداً، رغم تأكدي التام باستمرارية مرور القوة الكهربائية من البطارية وبمناسيب عالية جداً)).

لقد نال (فرداي) كأس السبق في تسجيل نتائج تجاربه حول إمرار الكهربائية في الأسلاك المعزولة كهربائياً واختبار تأثيراتها المختلفة، ولكن من الجدير بالذكر هنا، أن أقرب شخص كان على وشك كشف اللثام عن العلاقة الأزلية المهمة بين ظاهرتي الكهربائية والمغناطيسية هو الفيزيائي الدنماركي [هانز اورستد (1777-1851) Hans Orsted]. وكان قد سبق (فراداي) فيما ذهب الاثنان إليه، فلقد اكتشف (اورستد) وفي عام (1820) تأثير التيار المار في سلك على إبرة البوصلة المغناطيسية الموضوعة بجانبه واستنتج بأن هناك قوة تُشابه القوة المغناطيسية في تصرفها قد تولدت من مرور ذلك التيار في ذلك السلك.

يذكر لنا تاريخ الكهربائية أيضاً العديد من التجارب والكثير من الأسماء اللامعة التي شاركت و/أو توصلت إلى نتائج مقاربة أو مشابهة لما قام به أو توصل إليه (فراداي) نذكر لك منها ما يلي:

لقد قام كل من العالمين، الفيزيائي الفرنسي [اندريه - ماري امبير Andre Marie Ampere (1775-1836)]، والفيزيائي والرياضي الفرنسي [فرانسوا اراكو (1786-1853) Fransois Arago] بابتكار مغناطيس كهربائي حقيقي عندما اكتشفا قابلية التيار الكهربائي المار عبر سلك موصل على شكل حلزوني من جذب برادة الحديد. وقد وجد الفيزيائي الفرنسي [شارل اوكستين كولوم Charles Augustin Coulomb (1736-1806)] وبعد تجارب عدة تشابهاً بينا في مواصفات كل من المغناطيسية والكهربائية: كأن تتناسب شدة كلا القوتين عكسياً مع مربع المسافة الفاصلة بينها وبين آلة قياسها. كما أثبت العالم الألماني [اوتو فون كيورك

[Otto Von Guerick (1602-1686)] أن لكلا الظاهرتين قطبية معلومة تتمتع بظاهرتي التجاذب والتنافر.

هذا وبتوفر كل التجارب والحقائق أمام (فراداي) وبهضمها جميعاً في ذاكرته ومُخيلته، استطاع أن يتوصل إلى الاستنتاج القائل بضرورة كون قوتا الكهربائية والمغناطيسية قوتين متبادلتين، بعبارة أخرى لما توصل العالم (أمبير) إلى حقيقة إمكانية تصرف الكهربائية كمغناطيس - أي باستطاعتها تكوين حقل مغناطيسي وأثبت ذلك عملياً، صار (فراداي) يتساءل فيما إذا كان بالإمكان استخدام المغناطيسية لتوليد الكهربائية؟! وقد كان مصيباً في تساؤله ذاك كلّ الصواب.

لقد اهتم (فراداي) كذلك - وكما تقدم ذكره - بظاهرة التحليل الكهربائي، وهي إحدى الطرق التي يمكن بواسطتها إحداث التغيرات الكيميائية عن طريق تفاعلات تتم عند أقطاب كهربائية موصلة بتيار كهربائي مستمر. وكان بذلك الأب الشرعي لما سيُعرف لاحقاً في المستقبل بـ (علم الكيمياء الكهربائية - Electrochemistry). ويمكن تلخيص أعماله الخالدة تلك بنقاط عدة أهمها؛ أنه استطاع أن يُثبت [وباستخدام الكلفانومترات، وهي أجهزة قياس (ق.د.ك.) القوة الدافعة الكهربائية، وبقية المواد الضرورية لإجراء عمليات التحليل الكهربائي كالأقطاب المناسبة والأسلاك والبطاريات... إلى آخره] تناسب التفاعل الكيميائي طردياً مع كمية الكهربائية المارة خلال ما يسمى - بخلية التحليل الكهربائي - أي خلال محلولها أو خلال منصهرها، أي تناسب كميات المواد المترسبة أو المتفاعلة مع شدة وكمية التيار الكهربائي المعين المار خلالها من جهة، ومقدرة تلك الكمية المعينة من التيار على ترسيب المواد بصورة متناسبة مع أوزانها المكافئة (Equivalent Weights) من جهة ثانية. يحفظ لنا التاريخ مقدار استفادة الفيزيائي الألماني [هرمن فون هلمهولتز (Hermann Von Helmholtz (1821-1894] من أوراق (فراداي) بعد وفاته لاستنباط ودعم نظرياته القائلة بوجوب تكون الكهربائية من جزيئات مفردة منفصلة سريعة الحركة، تحمل شحنات متشابهة، [والتي أسميناها فيما بعد بـ (الإلكترونات - Electrons)].

حـدث في عـام (1839) أن أُصيب عالمنا الجليـل (بالانهيار العصبي الحـاد) والذي يعزيه بعض المؤرخـين إلى ما يقـارب العقد الكامل من الجهد الذهني والبـدني المستمرين وطول السهر والعمل المضني، كان (فراداي) قد أنفقها من رصيد صحته ومقاومة جسمه ونشاط عقله من أجل فهم كُنه وطبيعة ظاهرتي الكهربائية والمغناطيسية، ومع ذلك ظلّ الرجل صامدا يدلي برأيه بين الحين والآخر ويقوم بهذه التجربة أو تلك بين الفينة والفينة، ورغم إمكاننا القول إنه لم ينقطع تماماً عن غزارة إنتاجه ودقة تفكيره ورهافة حسه... تماما خلال تلك الفترة، إلا أنه كان قد أوشك على ذلك.

ومـن العجيب، أيضاً أن يذكر لنـا التاريخ أن (فراداي) كان قـد أُوقف عن عمله الكنسي في عـام (1844) (ككبير للكنيسة السندمنيـة – Sandemanian Church)[1] وذلك لغيابـه عـن إقامة قداس واحد بعد ظهر أحد أيـام الأحد – علماً أن هذا هـو الأحد الوحيد الذي كان قد تخلف عنه طوال حياته!! – وقد رُفض طلبه لنيل العفو والسماح بلطف ولكن بمنتهى الحزم حين أجابته عصبة كبار الكنيسة بأن دعوته لحضور الغداء مع الملكة (فكتوريا – Victoria) والذي صادف ظهر ذلك اليوم لم يكن عذراً كافياً لتخلفه!!

والظاهر أن اكتشافاته لم تكن لتقف عند حد، ففي عام (1845) استطاع أن يكتشف حقيقة إمكانية إدارة مستوى استقطاب الضوء عند إمراره خلال زجاجة بوجود حقل مغناطيسي مجاور لهـا. تسمـى هـذه الظاهـرة اليـوم (بتأثير فـراداي – Faraday Effect). وتبـرز أهمية هـذا الاكتشاف كونـه النـور الأول الـذي هدى الجميع إلى حقيقـة وجـوب وجود العلاقة الوطيـدة ما بين الضـوء والمغناطيسية. كتب إلى صديقه الأستـاذ السويسري [كرستان فردريخ شونبين (Christian Friedrich Schoenbein (1799 – 1868] في شهر تشرين الثاني (نوفمبر) من عام (1845)، يصف له أحواله ومجرى سير أعماله واكتشافاته حيث قـال:

((الان وفي خلال هذه الأيام، أكاد لا أجد لحظة واحدة من وقت كي أُضـيعها بغير العمل والبحث والتجربة... تصـور أنه حدث وتمكنت من إيجاد علاقة فريدة مدهشة مباشرة ما

(1) راجع شرح معنى الكلمة أسفل صفحة (429) وصفحة (568) من هذا الكتاب. (المترجم).

بين المغناطيسية والضوء، كما اكتشفت علاقة أخرى ما بين الكهربائية والضوء وأعتقد أن هـذا الإنجاز الذي قد فُتح أمامي يمثل بداية حقل بحوث جديد وعصر أحداث مثيرة، من الطبيعي أن أجد نفسي منغمساً به راغباً في تفحصه واستكشافه عن كثب بنفسي أولاً. لا أجد بين يدي الآن ما أستطيع أن أبوح لك به ولا يسعني إلا أن أتحرى العمل الجاد خلال هـذه الأيام. كاد رأسي أن ينفجر من كثرة الأفكار التي غزته وعيناي أن تكل من كثرة تصور المشاهدات العلمية، وصرت أُصاب بالدوار غالباً وبالإعياء أحياناً وعليه فقد قررت المجيء إلى هذا المكان (برايتن - Brighton) للاستجمام قليلا ولكنني لم أتمالك نفسي، فجلبت كل آلاتي وأدواتي وأبحاثي معي إلى هنا)).

وفي عام (1845) اكتشف (فراداي) ظاهرة فريدة في عالم المغناطيسية أسماها (بالثنائية المغناطيسية - Diamagnetism)، وهي عبارة عن وجه من أوجه المغناطيسية الاعتيادية ولكنها تفصح عن نفسها في بعض الفلزات فقط إذا ما تم وضعها في حقل مغناطيسي، وسُلط عليها قسراً. ولكن رغم الحقيقة القائلة بأن لمعظم المواد المعدنية في الطبيعة مثل تلك الخاصية، فقد اصطُلح اقتصار استعمال هذه الكلمة - أو الصفة - وعدم إطلاقها إلا على عائلة محددة من الفلزات - ومنها الذهب - والتي تبرز خاصية الثنائية المغناطيسي فيها بشكل قوي مُبهر لا يقبل الجدال أو الشك. وللاستزادة حول هذا الموضوع وللتعرف على صفات الفلزات والمواد المنتمية إليه، انظر مدخل **(قانون كيوري للمغناطيسية وقانون كيوري - ويس)**.

عندما حل عام (1855) وفي السنين القليلة التي تلته بدأ عالمنا الجليل يعاني من قصور حاد وشديد في نشاطه الذهني، حيث بدأت تظهر عليه علامات الشيخوخة والخرف، عندها بدأ (فراداي) بالتخلي الطوعي شيئاً فشيئاً عن مسؤولياته الوظيفية وصار أكثر انطواءً، فابتعد عن أكثر فعالياته الاجتماعية، ما عدا مواظبته المستمرة على تدريس الكيمياء والفيزياء.

لقد تبنى فراداي وفي سني حياته المتأخرة فكرة بسيطة جديرة بالاهتمام والاقتداء ألا وهي الإعلان والتحضير لإلقاء محاضرة موسعة ولكنها مبسطة عن العلوم وتطورها، والفيزياء وأهميتها، والكيمياء وعجائبها في أمسية عيد الميلاد وسمى تلك الفعالية (بمحاضرة عيد

الميــلاد - Christmas Lecture) التــي كانت تجذب الكثير مــن الأطفال واليافعين وقد جــروا معهم ذويهم أيضاً إليها، وجعل منها احتفالاً مزدوجــاً بالعلم وبالمناسبة ذاتها. ولكن القــدر لم يمهله كفاية من قــوة وبقية من همه فلم يتمكن من إلقــاء محاضرتيه لعامي (1860 و 1861)كمــا درج قبلها لسنين عدة، فتم تحريرهــا وإعادة صياغتها وأُلقيت من قبل أساتذة آخريــن غــيره... ومن الجدير بالذكــر أيضاً أن الجمعيــة الملكية الخاصة بهــذه الفعالية والتي اتخذت اسمها الرسمي كـ(المؤسسة الملكية لمحاضرات عيد الميلاد) والتي تم تأسيسها تقديراً لأهمية ما قام به وابتكره (فراداي) أولاً، لازالت تزاول نشاطها السنوي وحتى اليوم!!

ذكرت إحدى القصص التي رويت عن آخر ساعات نزعه وقُبيل وفاته بقليل، وكان قد أيقن بدنو أجله واقتراب ساعته، أن سأله أحد الحاضرين مجاملة له – ذلك السؤال الذي أجاب عليه (فراداي) بطريقة آخر ما يمكن أن توصف بأنها كانت متوقعة – مستفسرا: عزيزنا الأستاذ (فراداي) ما هي يــا تُرى تخميناتك ونظرياتــك وأنت في هذه الساعة؟ فأجابه (فــراداي بتصميم غريب وبإرادة بينة وبصوت جهوري واضح: ((عزيزي فلان في هذه اللحظات... ولعلي أحسبها الأخيرة في عمري المديد، لا يتحمل رأسي الآن أي تخمينات ولا تخطر على بالي أي فرضيات... لا يعتمر في عقلــي ولا يحوي رأسي الآن إلا اليقين!!))... ثــم تلا علــى الملأ الإصحاح الثاني عشر من الفصل الأول من كتاب (التايموث – Timothy 1-12)[1] والذي جاء نصــه:

(أنــا على يقيني بالــذي هداني إليه (الله جل وعلا) ويقيني راســخ بأنه (تبارك وتعالى) عند حســن ظني بأنه إلى جانبي في هذا اليوم). ثم فاضت روحــه إلى بارئها وهو جالس بارتياح على كرسيه المفضل، وقد أقيمت له مراسيم جنائزية بمنتهى البساطة والاختصار ولم يُدع إليها بل لم تضم إلا أقرب المقربين من أقربائه بناءً على وصيته المسبقة بذلك.

---

(1) Timothy – رجــل ديــن مسيحي من القرن الأول الميلادي (توفي في عــام (80 م) وأحد التلاميذ المقربين من (بولص – أو بول – Paul) الرسول، أحد حواريي السيد المسيح عليه السلام. وقد كانت أمه وجدته لأمه يهوديتين ولا يعرف الكثير عن والده. صاحــب القديس بول في تنقلاته الكثيرة والذي أعتقــد بأن لأصله (اليهودي) تأثيراً مباشراً على قبــول دعوته للملأ إلى (المسيحية) الجديدة. وقد عينه ككاهن لإحدى الكنائس الإغريقية في إنطاليا (إيطاليا). المترجم.

لعل من أصدق وأكثر السير الذاتية الشخصية لـ (فراداي) تأثيراً هي تلك التي كتبها (جون هـول كلادستـون – Johb Hall Gladstone) في عام (1872) وقـد كان زميلا له في المعهد الملكي لعدة سنين.

كتب (كلادستون – Gladstone) يصف أواخر أيام (فراداي) قائلاً:

((قلت سـاعات العمل الموكلة إليه بحكم تقدمه في العمر لتقدير زملائه لفضـله عليهم، فصـار يقضي جل وقته بعد سـويعات التدريـس القليلة جالساً عند النافذة الغربية حتى الغـروب يمـلأ تجاويف قلبه ونسـيمات روحه مـن ذاك المنظر الأزلي الخـلاق الباهر قبل أن يُشـبع مقلتيه من النظـر إليه، وحدث في أحد الأيام الممطـرة أن حاولت زوجته بكل لطفها وحبها له جذب انتباهه إلى روعه (قوس القزح) الذي افترش نصف السماء وقت الغروب عند ذلك المكان، فما كان من (فراداي) إلا أن شخص بعينيه إلى ما وراء زخات المطر بل إلى ما يعلو الألوان الفريدة لذاك القوس وقال [لم يضـع (سـبحانه) آية من آياته، أعظم مما وضع هناك (في السماء)].

لقد أتـى خلاصه، وفاضت روحه إلى بارئها بكل دعـة وسكون وسلام وعلامات الرضا علـى وجهه والابتسامة مرتسمة في قلبـه قبل أن تبدو على شفتيه في اليوم الخامس والعشرين من شهر آب (أغسطس) من عام (1867).

سُميت إحدى فوهات القمر بقطر (69) كيلومتراً باسمه تقديراً له وتيمناً به وقد صادقت الجمعية العمومية لاتحاد الفلكيين العالميين على تلك التسمية في عام (1935).

لعـل مـن غرائب بل من فضائل أعمالـه احتفاظه ودأبه على كتابة مذكراتـه العلمية وطوال فترة حياتـه الحافلة بالإنجازات والاكتشافـات. بدأها في عام(1832) واستمر فيها مانحاً لكل فقرة من فقراتهـا رقمها الخاص بها حتى نمتْ واتسعت بنهاية فترة حياته العملية بُعيد عام (1861) لتبلغ ما مجموعـه (16،041) فقرة ضمتها سبع مجلدات ضخمـه. لاتزال تلك المذكرات بمجلداتها السبعة مصـدراً نافعاً وشاخصاً خالداً لما يمكن أن يضيفه إنسان واحد من فكر مبدع خلاق إلى دنيا العلم. لقـد عكف (فراداي) طول حياته على الاستئناس بالحكمة والركون إلى المنطق العلمي وكان كثيراً

مـا يؤخر أحكامه ويتأنى باستنتاجاته حتى يُشبع موضوعه بحثاً ويُقلبه درساً – وقد كان عبارة عن ذهن يقظ مفكر، بلغ استعداده لقبول كل ما هو جديد من أفكار وآراء درجة تقرب من العجب....

ذكر (ميشيل كيولن – Micheal Guillen) مقدار ما ساهم به (فراداي) في مساعدتنا على فهم العالم من حولنا ما يلي: مقتبساً من كتابه الرائع (المعادلات الخمسة التي غيرت وجه العالم).

((لقد تمكن (فراداي) بمعية (اورستد – Orsted) من إثبات حقيقة توليد الكهربائية من المغناطيسـية وتوليد المغناطيسـية من الكهربائية وأكدا علاقة (النسب) بينهما بقوة وتبادلية إلى الدرجة والعمق التي لا تكاد معها أن تدركها أي علاقة مثلها في الطبيعة....

لقد كشف ابن العامل البسيط اللثام، وخط بيده كلمات سر لعله من أعظم أسرار الدنيا، إن لم يكون أعظمها على الاطلاق. ذلك السر الجميل الذي جلب بنشره نهاية عصر قوة البخار و(الثورة الصناعية) ووضع بقوته أقدام العالم على أعتاب [الثورة الكهربائية])).

وختاماً لهذه الجولة الممتعة بين سطور وتفاصيل وإنجازات حياة هذا العبقري وبعد تقليب صفحات حياته، إليك ما كتبه محرروا (دوفر – Dover Editors) كمقدمة للكتاب الرائع الـذي ألفه (فراداي) بنفسه، بعنوان (التاريـخ الكيميائي لشمعة) والتي عكست، بل نحتت عبارات احترام ووفاء له ستبقى خالدة على مدى الأدهر والأحقاب، وقد جاء فيها:

((لا مراء بتربع (فراداي) على عرش منصـب أعظم فيزيائيي القرن التاسـع عشر على الإطـلاق وحيازته على لقب أعظم الباحثين التجريبيين في عالم الفيزياء بلا منازع. لقد انتمى إلى الطبقة العليا من نخبة نخب فطاحل فيزياء العالم عبر العصور بلا منازع، وهي ذات الطبقـة التي ضـمّت وبكل فخر واعتـزاز أكابر وعظماء مـن أمثال (ارخميدس – Archimedes) و (غاليليـو – Galileo) و (نيوتـن – Newton) و (لافوازييـه – Lavoisier) و(داروين – Darwin).

ذكـر اينشـتين – وباعتـزاز – أن تاريخ العلـوم الفيزيائية – على سـعته ورحابته – لم يُنجب إلا زوجين اثنين من قمم أسـاطين العلم: (غاليليـو ونيوتن) من جهة و (فراداي ومكسـويل) من جهة ثانية... برأيي، لابد وأن يُبجّل (فراداي) بصـورة تفوق، بل هو

بالحقيقة أفضل بكثير من (غاليليو) نفسه)).

علينا ألا ننسى – ونحن نمر عبر سيرة حياة هذا العالم الفذ (فراداي) – أنه لم يكن خطيباً مفوها ولا كاتباً بارعاً، بل بالعكس، فإنه لم يتمكن من التعبير عن آرائه وأفكاره إلا بلغة إنكليزية بسيطة، ولم يكن يوماً رياضياً بارعاً. ولعل ذاك كان السبب وراء تأكيده المرة تلو الأخرى بأنه لا ينوي الكتابة بالأسلوب العلمي المعقد رفيع المستوى، وإنما قصده أن يبلغ مدارك وفهم الناس البسطاء (مثله!!) من حوله. ولكن بساطته في تعبيره لم تمنعه من التفصيل في أفكاره وتعميقها إلى الدرجة التي دفعت العالم (مكسويل – Maxwell) وبعد ثلاثين عاماً إلى الاستناد على... والرجوع لاكتشافاته الفريدة والتشرف بالاعتراف بذلك حين نشر بحثه المميز العريق (نظرية ثورية في واقع الحقل الكهرومغناطيسي)، والذي توصل فيه إلى إعادة صياغة اللغة الإنكليزية البسيطة التي وصفت قوانين الكهرومغناطيسية إلى اللغة الرياضية السامقة من نوع:

$$\boxed{\nabla \times \mathbf{E} = \frac{-\partial \mathbf{B}}{\partial t}}$$

[لديّ نظرية تقول (بأنه لا يوجد علم صعب وإنما يوجد مفسر سيئ][1] وعليه فإن ما تحاول المعادلة الغريبة أعلاه أن تقوله لنا هو – وببساطة – إن مقدار الكهربائية المتولدة ($\nabla \times \mathbf{E}$) ومقدار معدل التغيير في الحقل المغناطيسي ($-\partial \mathbf{B} / \partial t$) هما قيمتان متساويتان. وعليه فلن تتولد أية كهربائية إذا لم يحدث تغيراً في الحقل المغناطيسي. لقد تمكن (مكسويل) من كتابة معادلات مشابهة لكل من (قانوني كاوس للكهربائية والمغناطيسية–Gauss's Laws of Electricity and Magnetism)، و(لقانون امبير للدوائر الكهرومغناطيسية – Ampere's Circuital Law of Electro magnetism) هي معادلاته الشهيرة الأربع التي تمكنت من تفسير كامل تصرف حقلي الكهربائية والمغناطيسية. ولشيء من التوضيح نقول إن معادلاته تلك، قد مثلن أفضل طريقة لبيان كيفية تكوين الحقول الكهربائية بواسطة شحناتها، كما بينت حقيقة استحالة وجود ما يسمى (بالشحنات المغناطيسية –

(1) المترجم.

(Magnetic Charges)، كمـا بيّن كيفية توليد التيارات الكهربائية للحقول المغناطيسية وكيفيـة تكوين الحقـول الكهربائية بتأثير تغيُّر الحقول المغناطيسيـة. أما اليوم فإحدى الطرق التي يمكن بواسطتها التعبير عن معادلات (مكسويل) الشهيرة الأربع فهي بالطريقة التالية:

- وهو قانون (كاوس) للكهربائية $\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho/\varepsilon_0$
- وهو قانون (كاوس) للمغناطيسية (ويعني استحالة وجود أقطاب مفردة مغناطيسية) $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$
- قانون (فراداي) للحث $\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$
- قانون (امبير) مع إضافة (مكسويل) $\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$

ولتفسير الرموز الواردة في المعادلات أعلاه نقول: **تمثل الحروف الصلبة كمّيات اتجاهية.**

وتمثل $\mathbf{E}$ – الحقل الكهربائي بوحدات (الفولت/متر).

و $\mathbf{H}$ – الحقل المغناطيسي بوحدات (الامبير/متر).

و $\mathbf{D}$ – كثافة الفيض الكهربائي بوحدات (كولوم/متر تربيع).

و $\mathbf{B}$ – كثافة الفيض المغناطيسي بوحدات (التسلا أو الويبر/المتر المربع).

و ρ – كثافة الشحنة الكهربائية الحرة بوحدات(كولوم/متر تكعيب).

و ε_0 – مطاوعة الفضاء الحر (Permitivity of Free Space).

و $\mathbf{J}$ – كثافة التيار الحر بوحدات (أمبير/متر تربيع).

و ∇ – معامل التشتت (للمتر الواحد) – (The Divergence Operator).

و $\nabla \times$ – معامل اللف (للمتر الواحد) – (The Curl Operator)

يقيس **(معامل التشتت)** مقدار ميل حقل اتجاهي للاشعاع من... أو التجمع في... نقطة معينة.

ويقيس **(معامل اللّف)** مقدار الدوران الاتجاهي لأي حقل.

قيّم (روبرت ب. كريـز – Robert P. Crease) جمال وأهمية معادلات (مكسويل)

آنفة الذكر في كتابه المعنون (أعظم المعادلات على الإطلاق) بقوله:

((تجمع معادلات (مكسويل) حقيقتي البساطة السلسة في التعبير من جهة، والجرأة المطلقة في إدراك تصورنا للكون وتوحيد ظاهرتي الكهربائية والمغناطيسية إضافة إلى ربطهما بالجغرافية والتضاريس والفيزياء من جهة ثانية. لقد أثبتت أهميتها الفائقة. كطليعة (لمعادلات المجال - Field Equations) ليس فقط بفتحها لعيون العلماء على منحى جديد لعلم الفيزياء وإنما بأخذها إياهم بثبات ليخطوا الخطوات الأولية نحو: فكرة توحيد قوى الكون الأساسية)).

أجرى (كريز - Crease) في عام (2004) استفتاءً علمياً عاماً سأل فيه علماء الفيزياء حول العالم حول مرشحهم الأثير لمنصب (أفضل وأعظم المعادلات وعلى مر التاريخ)، فربحت معادلات مكسويل، وحسب فرز قائمة المصوتين ذلك التقدير.

عبّر (توني واتكنز - Tony Watkins)، وكان أحد المشاركين في ذلك التصويت عن رأيه باختيار مجموعة معادلات (مكسويل) لذلك المنصب الرفيع المرموق بين معادلات الفيزياء عبر التاريخ بقوله:

((لا أزال أذكر بوضوح تام واعتزازٍ كبير تاريخ أول يوم رأيت معادلات (مكسويل) فيه وقمت بدراستها ضمن مقرر (المتجهات) في الجامعة. لقد هالني ما أقدمت تلك المعادلات على شرحه وبيانه وكمية المعرفة الهائلة التي اكتنزتها.... لقد أدركت حينها (ولأول مرة في حياتي) ما يعنيه المتكلمون والعلماء حول جمال الرياضيات ورشاقتها في الإفصاح عن مكنونات علم الفيزياء. لقد اهتز كياني بأكمله لقوتهن وصُعقت بفحواهن. لقد كان ذلك اليوم وذلك اللقاء بتلك المعادلات منعطفاً جذرياً في حياتي العملية والمهنية منذ تخرجي من الكلية ولحد هذا اليوم، ببساطة لقد فجّرت أربعة سطور قصيرة من رموز بسيطة كل الحب فيّ للرياضيات وكامل الولع لديّ بالفيزياء)).

هذا وقد خلّد (ريجارد فينمن - Richard Feynman) أهمية معادلات (مكسويل) في كتابه (محاضرات فينمن في الفيزياء) حين قال:

((إذا ما راجعنا كافة إنجازات الكائن البشري عبر الزمن - ولفترة طويلة جداً، دعنا نعتبرها العشرة آلاف سنة الماضية - فلن يتطرق إلينا الشك أبداً ولن نتردد مطلقاً باعتبار معادلات (مكسويل) في الديناميكا الكهربائية كأعظم وأسمى حدث منذ ذلك التاريخ وحتى اليوم من ناحية، ولكونها الحدث الأعظم على الإطلاق خلال القرن التاسع عشر من ناحية ثانية... ستتلاشى وتذوي أهمية أحداث عظام بمستوى الحرب الأهلية الأمريكية إذا ما قورنت بالأهمية العلمية والإنجاز البشري الهائل المتمثل بتلك المعادلات)).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Bueche, Frederick, *Introduction to Physics for Scientists and Engineers* (New York: McGraw-Hill, 1975): provides information on the betatron.

Cantor, Geoffrey N., David Gooding, and Frank James, *Michael Faraday* (Amherst, N.Y.: Humanity Books, 1996).

Crease, Robert P., "The Greatest Equations Ever," *Physics World*, October 2004; see http://physicsweb.org/articles/world/17/10/2/1.

Faraday, Michael, *The Chemical History of a Candle* (New York: Courier Dover Publications, 2003).

Faraday, Michael, "On the Induction of Electric Currents," *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 122: 125-162, 1832.

Feynman, Richard, *The Feynman Lectures on Physics*, volume 2 (Boston: Addison Wesley Longman, 1970)

Gladstone, John Hall, *Michael Faraday* (New York: Harper & Brothers, 1872)

Gooding, David, "Envisioning Explanations the Art in Science," *Interdisciplinary Science Reviews*, 29: 278 294, 2004.

Gooding, David, "From Phenomenology to Field Theory: Faraday's Visual Reasoning," *Perspectives on Science*, 14(1): 40 65, 2006.

Gooding, David, "Michael Faraday, 1791-1867: Artisan of Ideas," University of Bath; see www.bath.ac.uk/~hssdcg/Michael_Faraday.html.

Gooding, David, "New Light on an Electric Hero," *Times Higher Education Supplement*, July 26, 1991, p. 17.

Guillen, Michael, *Five Equations That Changed the World* (New York: Hyperion, 1995).

Hamilton, James, *Life of Discovery: Michael Faraday, Giant of the Scientific Revolution* (New York: Random House, 2004).

Hirshfeld, Alan, *The Electric Life of Michael Faraday* (New York: Walker & Company, 2006).

James, Frank, *The Correspondence of Michael Faraday* (Herts, U.K.: Institute of Electrical Engineers, 1991).

Jones, Bence. *The Life and Letters of Faraday* (Philadelphia: J. B. Lippincott and Co., 1870).

Ludwig, Charles. *Michael Faraday: Father of Electronics* (Scottdale, Pennsylvania: Herald Press, 1978).

Morus, Iwan. *Michael Faraday and the Electrical Century* (Eastbourne, U.K.: Gardners Books, 2004).

O'Connor, John J., and Edmund F. Robertson, "Michael Faraday: 1791-1867," in *MacTutor History of Mathematics Archive*, School of Mathematics and Statistics, University of St. Andrews, Scotland: see www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/history/Mathematicians/Faraday.html.

Thompson, Silvanus Phillips, *Michael Faraday His Life and Work* (London: Cassell & Company, 1901).

Tyndall, John, *Faraday as a Discoverer* (New York: D. Appleton and Company 1868).

Tweney, Ryan, and David Gooding, *Michael Faraday's "Chemical Notes, Hints, Suggestions and Objects of Pursuit" of 1822* (Herts, U.K.: Peter Peregrinus, Ltd., 1991).

West, Thomas, *In the Mind's Eye: Visual Thinkers, Gifted People with Learning Difficulties, Computer Images, and the Ironies of Creativity* (Amherst, New York: Prometheus Books, 1991).

Williams, L. Pearce, "Michael Faraday," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• كلما تعمقنا بالعلوم وتمكنا من معارفها، كلما اتضحت أمامنا إشكاليات الكون وعجائبه، وازداد يقيننا بأنها كلها قد انضوت تحت راية مجموعة واحدة من القوانين الرشيقة الفريدة والتي جمعت ما بين البساطة المُيسّرة وبين الشمولية الكاملة. يعتمد بعضها على بعض ويتداخل بعضها ببعض بأسلوب متقن ودقيق غاية في الحبكة والتنظيم مما يدلك - وبلا شك - إلى (العقل الفريد) الذي يحركها جميعاً.

براون

Olympia Brown (1835-1900), U.S.Minister (first woman ordained in (U.S.), Sermon, c. January 13, 1895, Mukwonage, Wisconsin.

مقتطف من كتابها (أول امرأة نُصّبت كوزيرة في الولايات المتحدة الأمريكية).

• لم تألُ العلوم جهداً في محاولاتها لرسم الكون بصورة أقرب ما يمكن أن تكون لحقيقته وطبيعته ذاتها، بلا أدنى اعتراض أو مضاددة من فلسفة ودون أقل تدخل أو حكم مسبق من دين...يُشبّه،

(بل يعتقد) البعض إن عملية البحث عن (الحقيقة) العلمية ما هي في الحقيقة إلا عملية بحث عن (الحقيقة الثابتة الأزلية) من بين شذرات الملاحظات المتضاربة وكميات المعرفة المتداخلة التي توصلها إلى إدراكنا مجمل حواسنا القاصرة. هم يعتقدون - وأشاطرهم رأيهم - بأن نهاية ذلك السباق غير المتكافئ وذروة النجاح الذي يمكن للإنسان أن يحققه فيه هو باقتناص (أحد قوانين الكون والطبيعة) والذي سيُمثل قبس النور الذي سيُنظم ويهدي كافة التغيرات والمتضاربات التي تُشعرنا بها حواسنا - بينما يظل هو صامداً ثابتاً بلا تغيير.

سمولن

Lee Smolin، (Never Say Always)، New Scientist September 23، 2006

مقتطف من مقالته (لا تقل دائماً أبداً!) .

• كإنســان محافظ وعالم جامح... لا أعتقد أبداً أني سـأجد أيّ حرج في تقسـيم الفيزياء وعلمها المترامي من النظريات والآراء إلى عالمين؛ كبير وصـغير، لقد عشنا بوئام وسلام وشعرنا بمنتهى السعادة، على الأقل لفترة الثمانين سـنة المنصرمة بالاعتراف والتعامل مع مجموعتين منفصـلتين مـن النظريات، الأولى رتبت لنا عالمنـا الكبير من نجوم وكواكب والثانية أفهمتنا [(عالم الكميم - The Quantum World) - أو الكم إن شئت] بما فيه من ذرات والكترونات.

دايسون

Freeman Dyson، (The World on a String)، New York Review of Books، Mqy 13، 2004.

مقتطف من كتابه (تأرجح العالم على حبل) .

• لا تدين الفيزياء بالمسيحية - رغم اختراعها من قبل المسيحيين - ولا يدين الجبر بالإسلام - رغم ابتكاره من قبل المســلمين، نشـعر - نحن العلماء - أنه وبوقوعنا علـى أي (جزء) من الحقيقة مهما يكن وأينما وجد، بأننا قد تجاوزنا بل وطورنا حضارتنا نحو الأفضل وتخطينا ما جُبلنا عليه (من إحساس قاصر وملـكات محـدودة). وإن لفي الفكر المنظم الحر، وفي تبـادل الآراء والحوار يكمن سر تفوقنا على بدائية الجنس البشري بكل قصوره ومثالبه.

هارس

Sam Harris، (The God Debate)، Newsweek، April 9، 2007.

مقتطف من كتابه (النقاش المقدس) .

قانونا كاوس للكهربائية والمغناطيسية

GAUSS'S LAWS OF ELECTRICITY AND MAGNETISM

π ألمانيا، 1835:

يتناسب مقدار الفيض الكهربائي عبر أي مساحة مغلقة مع صافي الشحنة الكهربائية التي يمكن لتلك المساحة استيعابها. تبلغ قيمة أي مقدار من الفيض المغناطيسي عبر المساحات المغلقة صفراً.

محاور ذوات علاقة:

قانون (فراداي) للحث الكهربائي وقانونه للتحليل الكهربائي - (FARADAY'S LAWS OF INDUCTION AND ELECTROLYSIS)، و(قانون بود للمسافات الفاصلة بين الكواكب - BODE'S LAW OF PLANETARY DISTANCES)، وقانونا كرشهوف للدوائر الكهربائية والإشعاع الحراري (KIRCHHOFF'S ELECTRI CAL CIRCUIT AND THERMAL RADIATION LAWS).

من أحداث عام 1835:

- أعلنت (تكساس) حق انفصالها عن (المكسيك).

- سُجِلت أول محاولة لاغتيال رئيس للولايات المتحدة الأمريكية.

- سجلت تلك المحاولة ضد حياة الرئيس الأمريكي السابع للولايات المتحدة (اندرو جاكسن - Andrew Jackson)، عندما كان يزور العاصمة، وقد باءت بالفشل.

- وُلد الكاتب الأمريكي الشهير (مارك توين - Mark Twain)[1].

- تمت إزالة كتاب (كوبرنيكوس - Copernicus) الخالد حول دوران الأرض حول الشمس والمعنون (دوران الأرض في مدارها - De Revolutionionibus Orbium Coelestium) من القائمة (الكنيسة الكاثوليكية - Catholic Church) السوداء

(1) صاحب قصة فتى المغامرات الشهير (توم سوير - Tom Sawyer) وغيرها. (المترجم).

للكتب المحظور قراءتها وتداولها.

وتحتوي تلك القائمة الفهرسة الكاملة لكافة الكتب التي اعتقدت الكنيسة الكاثوليكية بهرطقتها وتشكيلها لخطر حقيقي على الديانة والمعتقد المسيحي.

نص وشرح قانون كاوس للكهربائية:

لعله من المناسب جداً، وقبل الدخول في تفاصيل **(قانون كاوس للكهربائية)** أن نراجع ونعرف الحدود والمتغيرات الأساسية فيه مثل:

مقدار فيض الحقل الكهربائي [يعبر رياضياً عنه بالرمز Φ]؛ ويقاس بعدد خطوط القوى التي تخترق مستوى وهمياً يقطع ذلك الحقل أو جزءًا منه. ويمكن لهذا المستوى أو السطح أن يكون مفتوحاً – كمساحة اعتيادية ببعدين، أو أن يكون مغلقاً كالكرة وفي هذا الحالة سيُكتب الفيض كقيمة موجبة إذا ما أشارت خطوط قوته واتجهت خارجها على الدوام. وسيكتب كقيمة سالبة إذا ما أشارت خطوط قوة فيض الحقل الكهربائي إلى داخل الجسم (الكرة)، ولقد سبق مناقشة ما يعنيه مفهوم (الفيض – Flux) في مدخل (قانونا فراداي للحث والتحليل الكهربائيان – Faraday's laws of Induction and Electrolysis) آنفاً[1].

ولإزالة الصبغة (النظرية – Theoretical) الضافية على مفهوم (الفيض – Flux). دعنا نناقش هذا المفهوم بطريقة تكسبه معنى ماديا ملموساً ومحسوساً؛ تصور حصولك على (حوض سمك – Aquarium) بحجم مناسب كهدية من أحد أصدقائك، وفيه العديد من المضخات لتدوير مائه، وتصور كذلك إدخالك لشبكة قنص الأسماك إليه... والآن فإن كمية المياه التي تعبر خلال تلك الشبكة في لحظة زمن معينة – من حيث التشبيه البدائي المجرد – (فيض) ذلك الماء خلالها، ومن السهل تصور زيادة تلك الكمية المارة عبرها كلما قرّبناها من إحدى المضخات العديدة الموجودة في الحوض، لزيادة سرعة الماء المتدفق خلالها،

(1) راجع صفحة (553) من هذا الكتاب رجاءً. (المترجم).

فتقـول إن مقدار (الفيض) المار خلال الشبكة قـد ازداد. والآن إذا ما ضاعفنا حجم الشبكة فمن السهل أيضاً تصور زيادة مقدار (الفيض) المائي المار خلالها حتى لو احتفظنا بسرعة الماء ثابتة بلا تغيير أو زيادة، لأن حجمها ببساطة قد ازداد.

والآن لك أن تتصور شحنة كهربائية (موجبة) محاطة بسطح مغلق كأن تكون محاطة ببالون مطاطـي (وردي) اللون جميل، وهي طافيـة داخله، سيكون (الفيض) المتولد عنها (موجبا) لأن خطـوط قوتـه موجبة بفعل انبعاثها من الشحنة الموجبة إلى الخـارج. وبنفس المنطق، إذا مـا أحاط سطح كروي بشحنة سالبة طافية داخله، فإن خطـوط فيضه ستتجه إلى داخله لأن خطوط الشحنة السالبة ستتجه بطبيعتها إلى الداخل...

وعليـه، يوفـر لنا (**قانون كاوس**) العلاقـة الرياضية المناسبة التي تحكـم علاقة (الفيض – Φ Flux) المار إلى خارج مستوى مغلق مع الشحنة الكهربائية المكنونة داخله، وكما يلي:

$$\Phi = \oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{1}{\varepsilon_0} \int_V \rho \cdot dV = \frac{q_A}{\varepsilon_0}.$$

حيث **E** تمثل – الحقل الكهربائي المتجه

وكل **dA** – يمثل تفاضل المساحة المقترنة مع كل جزء معين من السطح. (وبإمكانك تصور كافة متجهـات هذه القيمة كحُزم متجهه نحـو الخارج) شأنهـا شـأن حـزم الأشواك على ظهـر (الدعلج – Procupine) وهو من القوارض.

و q_A – مقدار الشحنة المحصورة بالمساحة.

وρ – مقدار كثافة الشحنة في إحدى نقاط فراغ الحجم (V).

و ε_0 – مقـدار مطاوعـة الفضـاء الحـر (Permittivity of Free Space) ويسـاوي: [8.8541878176× (10 مرفوعة للقوة السالبة الثانية عشرة] بوحدات الفاراد لكل متر.

و $\oint_S$ – إشارة التكامل للمساحة S والتي تحتوي الحجم V.

أما الدائرة الصغيرة عليها فتعنى أن مساحة التكامل عبارة عن سطح مغلق (كالكرة مثلا). وفيمـا عدا تخصيص نـوع السطح المعرض لنوع [الفيض Flux Φ] الكهربائي (كرة أو

مسطح)، فلا يختلف المعنى الرياضي لها عما هو متعارف عليه لدى الفيزيائيين.

وبعيدا عن المعنى العميق - والمربك أحياناً - للمعادلة الرياضية المعقدة السابقة، ففي تفسيرها باللغة الاعتيادية الكثير من التوضيح الوافي عن الشرح، فهي ببساطة تدلنا على نقاط أو مبادئ ست هي:-

أولا: يُساوي مجمل مقدار الفيض الكهربائي الناتج عن مساحة سطح مغلق معين - حاصل قسمة - مقدار الشحنة الكهربائية الصافية المحتواة بواسطة ذلك السطح على مقدار (مطاوعته - Permittivity).

ثانيا: وإذا لم يحتو ذلك السطح أو يضم أية شحنة: [وكما في الحالة التي تساوي فيها (q) صفراً] فمن الطبيعي أن نتوقع قيمة صفرية لمقدار الفيض الكهربائي (O = Φ).

ثالثا: يؤكد القانون على وجوب كون مقدار الشحنة (q) خالصاً... بمعنى ضرورة أخذ المجموع الجبري لكافة الشحنات المتواجدة (وسيساوي الفيض صفراً إذا ما تواجدت شحنتان في نطاق ذات الفراغ، وكانتا متساويتين في المقدار ومتعاكستين في العلامة في ذات نطاق الحيز الفراغي لحسابه).

رابعاً: تُحسب قيمة الشحنة الخالصة داخل نطاق السطح المعلوم (q) ولا أهمية ولا تأثير ولا اعتبار لأي شحنة خارجه.

خامساً: إذا ما كان السطح الحاوي على الشحنة (q) الكهربائية المعلومة كروياً كامل الانتظام فلن يؤثر موقعها مهما كان داخله على قيمتها.

سادساً: تبرز أهمية (قانون كاوس للكهربائية) بمقدرته على حساب مقادير الحقول الكهربائية المولدة من توزع منظم للشحنات المحدثة لها.

لقد أيقن الكثير من الفيزيائيين والعلماء واعترفوا بعظمة **(قانون كاوس للكهربائية)** لأنه وببساطة متناهية وأسلوب رياضي رشيق أخاذ، يصف لك ويتنبأ بمقدار قيمة **(الفيض الكهربائي)** المتولد داخل سطح مغلق بدقة عالية بربط تناسبه فقط مع خالص مقدار الشحنة المحتواة فيه، بغض النظر عن أي تشوهات أو عدم انتظام تعاني منها خطوط الفيض وبدون أدنى اعتبار لشكل أو انتظام أو تشوه ذلك السطح.

ومن المفيد أن نعلم أنه لم يتم نشر **(قانون كاوس)** ذاك إلا بعد مرور ما يقارب (32) عاماً على وضعه من قبل مبتكره في عام (1835).

نص وشرح قانون كاوس للمغناطيسية:

يعتبر (قانون كاوس للمغناطيسية) من القوانين الأساسية للموضوع، وهو عبارة عن الأسلوب العلمي المختصر الجامع للإقرار **باستحالة وجود قطب مغناطيسي منفرد**.

وبالإمكان صياغة هذه المعلومة المهمة رياضياً على الشكل التالي:

$$\Phi_B = \oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$$

يؤكد هذا القانون على أن مقدار الفيض المغناطيسي الخالص (Φ_B) عبر أي مساحة مغلقة، لابد وأن يساوي صفراً،بمعنى، أنه في كافة حالات المغانيط ثنائية الأقطاب، فإن مقدار الفيض المغناطيسي الموجه داخليا باتجاه القطب الجنوبي لابد وأن يساوي مقدار الفيض المغناطيسي الموجه خارجيا باتجاه القطب الشمالي، وعليه فإن مقدار (الفيض – Flux) المغناطيسي الصافي لابد وأن يساوي صفراً للمغانيط ثنائية الأقطاب دائماً.

والآن إذا ما افترضنا وجود مصدر مغناطيسي أحادي القطب، فإن هذه الحالة ستستوجب وجود حالة مغناطيسية صافية لا صفرية، وعليه ينص قانوننا هذا على **استحالة وجود الأقطاب المغناطيسية الأحادية**. ومن المفيد التذكير بأن مثل هذا الاطلاق لا يصح في حالة الشحنات الكهربائية المستقرة (الستاتيكية – Electrostatics)، لأنه وببساطة يمكن للشحنات المفردة أن تكون وتوجد!!. ولقد اعتبرت حقيقة وجود الأحادية القطبية للكهربائية وانعدامها بالنسبة للمغناطيسية – معضلة ومتناقضة – قائمة بذاتها وفريدة من نوعها. ولقد ظل العلماء والباحثون، ومنذ أوائل القرن التاسع عشر في تساؤل ودهشة مطبقتين، وهم حيارى تائهون عن التفسير الحقيقي لواقع إمكانية وجود الشحنات المفردة، السالبة، والموجبة بالنسبة للكهربائية واستحالة وجود الأقطاب المفردة الشمالي أو الجنوبي بالنسبة للمغناطيسية!!

لقد كان عالم الفيزياء النظرية الإنكليزي [بول ديراك (1902–1984) Paul Dirac] من أوائل الذين لم يقتنعوا باستحالة وجود الأقطاب المغناطيسية المفردة إلى الدرجة التي بادر معها في عام (1931) إلى استنباط النظرية القائلة بوجودها. لقد دأب العلماء والباحثون –

ومنذ ذلك الحين – على محاولة ايجاد القطب المغناطيسي المفرد، ولكن عبر السنين ولحد اليوم لم يفلحوا بسعيهم ذاك لفصل أحد القطبين (الشمالي أو الجنوبي) عن ملازمة القطب الآخر (الجنوبي أو الشمالي)، ومن الطريف تذكيرك – عزيزي القارئ – بأنه وحتى حين محاولتك قطع المغناطيس الاعتيادي الحاوي على قطبين (شمالي وجنوبي) إلى قطعتين، فستحتفظ كل منهما بقطبيها الشمالي والجنوبي، بعبارة أخرى فإن قطع، وفصل قطب عن آخر (من قطعة مغناطيس واحدة) لا يمكننا من الحصول على قطعتي مغناطيس أحادية القطب أبداً وإنما ينتج قطعتي مغناطيس بقطبين لكل منهما.

بتقدم الفيزياء النظرية وبظهور الفرضيات الجديدة وشروعها لتفسيرها (ابتداءً بوجود الكون)، وعلى طريق توحيد (القوى الكهربائية الضعيفة – Electroweak) مع (القوى الكهربائية الجسيمة – Electrostrong)، صار التفكير، وتوقع وجود الأقطاب الأحادية من قبل العلماء (أكثر واقعية!؟؟) خصوصاً عند مناقشة واقع حال فيزياء الجزيئات ما دون الذرية. ولكن هذا الوجود النظري للأقطاب الأحادية سيستوجب الصعوبة المتناهية لتحقيق (أو للتحقق من) وجودها فعليا، حتى باستعمال المعجلات العملاقة بسبب توقع احتوائها على كمية هائلة من الكتلة والطاقة تقارب حدود [10 – العشرة مرفوعة للقوة السادسة عشرة – من بليونات وحدة الإلكترون – فولت (10^{16}GeV)].

للفضوليين فقط:

• تُقاس قيمة (الحث المغناطيسي – Magnetic Induction) وهو المصطلح المقابل (لكثافة فيضه – Flux Density) بوحدة (الكاوس – Gauss Units) تقديراً لأعماله الفذة وتثميناً لجهوده العظيمة في حقل المغناطيسية، وتساوي وحدة الكاوس الواحد – وحدة ماكسويل واحدة (One Maxwell Unit) لكل سنتيمتر مربع واحد.

• لقد امتاز (كاوس) بسريته الغريبة تجاه أعماله ودأبه الدائم على إخفائه إياها، وعدم رغبته في الإفصاح عنها أبداً!!.... لقد انتقد مؤرخ علوم الرياضيات (ارك تمبل بل – Eric

Temple Bell) كاوس في منحاه ذاك، بتأكيده مسؤوليته الكاملة عن تأخير تقدم علوم الرياضيات الصرفة لما لا يقل عن الخمسين عاماً. ويؤكد (بل – Bell) بناء على ذلك بأنه كان يُمكننا التعرف على – معجزات رياضية – لا يسعنا اليوم إدراكها لو كان (كاوس) قد قام بالفعل بنشر أعماله في حينها.

• حرصت حكومة ألمانيا الاتحادية على تخليد ذكرى هذا العالم الجليل بطبع صورته على عُملتها الورقية من فئة العشر ماركات خلال تسعينيات القرن الماضي (1990s)، مشفوعة بمنحنى التوزيع الطبيعي (Normal Distribution) والذي يسمى باسمه أيضاً (كتوزيع كاوس الطبيعي – Gaussion Distribution).

• لقد دأب (كاوس) وشدد على منع طلابه من أخذ أو كتابة أي ملاحظات خلال محاضراته (حرصاً منه على تركيز اهتمامهم وانتباههم على ما يقوله هو لهم). درس على يده وتخرج من معهده العديد من فطاحل وعظماء الرياضيين في العالم من أمثال [جورج ريمن George Riemann (1826–1866)].[1]

• لقد كان (كاوس – Gauss) رجلا دقيقاً بكل معنى الكلمة، يعشق التفاصيل ويُقدسها. لدرجة أنه احتفظ بكُتيب مذكرات له سجل فيه كل مشاهداته وملاحظاته بما فيها تاريخ وكيفية كسر أحد أولاده لسن من أسنانه أثناء لعبه وشغبه يوماً!!

أقوال مأثورة:

– لا يسعك اليوم أن تجد أي فكرة رياضية ولا منطلق ولا مبدأ علمي رياضي أصيل – وفي خلال كامل هذا القرن – التاسع عشر – إلا وقد كان لـ(كاوس) هذا شأن به، فحُملوا وسموا جميعاً باسمه.

كرونيكر

L. Kronecker، Zahlentheori

مقتطف من كتابه (في نظرية الأرقام).

(1) من عباقرة الرياضيين الألمان الذين وضعوا إسهاماتهم الخالدة إلى الأسس التحليلية في الرياضيات وفي الهندسة التفاضلية والتي ساهمت بدورها في دفع وإيجاد وتطور النظرية العامة في النسبية.(المترجم).

– أوشك الجميع أن يعيب على (كاوس) ميله الشديد للانعزال بنفسه وبأفكاره منذ فترة طفولته المبكرة، فقد كان فهمهم لواقع حاله صعباً جداً، وبالأخص حرصه غير الطبيعي وأسلوبه (الشاذ) للاحتفاظ بكافة أفكاره لنفسه وعدم إطلاع أحد عليها... لقد امتاز ذهنه بقابلية فذة على توليد سيول الأفكار وفيض الابتكارات وبزخم شديد جداً منعه منعاً من إمكانية تطوير أو سبر غور أي منها... لم يمثل ما قام (كاوس) بنشره فعلا من آرائه وأفكاره تلك إلا ما لا يكاد يتجاوز نصفها، وحتى ذلك النصف كان قد صيغ بعبارات غامضة مقتضبة جامدة مختصرة حدّت وإلى أدنى الحدود إمكانية انتشارها بين قُرائه والمعجبين به.

ماي

Kenneth O. May، (Carl Gauss)، in Dictionary of Scientific Biography-

مقتطف مما كتبه في مدخل (كارل كاوس) في (معجم سير العلماء الذاتية).

– إن لسحر وعظمة هذا العلم النبيل (يقصد الرياضيات العالية التي استخدمها في طرح أفكاره وتأكيد آرائه) من المنزلة السامية والفنون المكنونة مالا تُفصح عن نفسها إلا لذوي الشجاعة والجرأة والحنكة، وإلا لمن تحلّى بالإقدام والجسارة لتخطي عقبات الغور فيها والاستمتاع بما تكتنزه أعماقها. ولكن إذا ما تمكنت أي امرأة – وكلنا يعلم ما يفرضه عليها جنسها وطبيعتها وحتى مجتمعها وزملاء عملها من أعباء لا تحصى وعقبات لا تُمحى، لا تقارن أبداً بما يُفرض على الرجل – (وبرغم كل ما سبق) – إن استطاعت تحمل الأعباء وتخطي العقبات، فإنها حينئذ ستكون – وبلا أدنى شك – قد أثبتت جدارتها وبينت شجاعتها، بل وحتى أفصحت جليا عن عبقريتها اللامعة ومهاراتها الخارقة، في هذا المجال، فستستحق حينئذ كل الاحترام وأسمى التبجيل.

كاوس

Carl Gauss، 1807 letter to Sophie Germain

من رسالة له إلى (صوفي جرمن)[1]

(1) [ماري – صوفي جرمين Marie – Sophie Germain (1776–1831)] رياضية وفيزيائية وفيلسوفة فرنسية لامعة، تمكنت من تثقيف نفسها بنفسها وإنماء عبقريتها من خلال نهل العلوم من مكتبة والدها العامرة، رغم ما لاقته ←

– إني لعلى يقين بقصور الإدراك والتصور البشري عن توضيح وتفسير عمق الحقائق الهندسية الوضعية فضلا عن استيعاب وتحليل خفايا الحقائق الهندسية الكونية، على الأقل بمستوى الذكاء البشري الاعتيادي... لبيانه لذكاء بشري اعتيادي آخر. ولا أدري ما إذا سيكون في مقدورنا – وفي وقت ما في المستقبل البعيد – من أن نمتلك ناصية فهم مثل ذلك الإدراك العميق الخلاق. وإلى أن يحل ذلك الحين ما علينا إلا اعتبار الهندسة كنظام ميكانيكي تركيبي، لا أن نعتبرها نظاماً فكرياً تحليلياً سامقاً كالرياضيات.

كاوس
Carl Gauss، letter to Heinrich olbers، 1817
من رسالة له إلى (هنريخ اولبرز)[1]

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

[كارل فردريخ كاوس (Carl Friedrich Gauss (1777–1855] رياضي وعالم ألماني يُعتبر من خير من أنجبتهم البشرية من عُظماء الرياضيين على الإطلاق ومن خير من وطئت قدماه ثرى أرضها. اشتهر بمساهماته في العديد من حقول الرياضيات وعلوم الفلك والكهرومغناطيسية، كما كانت له مشاركاته المرموقة أيضاً في دراسة وتطوير علوم البصريات، ونظرية الأرقام، والتحليل وهندسة التفاضل وعلوم الأرض – Geodesy (التي تشمل فيما تشمل دراسة حقولها المغناطيسية والفعاليات الأرضية كتحرك قشرتها وتصرف

← من مصاعب واعتراضات من والديها والمجتمع بسبب جنسها. احتلت مركز الصدارة من بين العاملين على (نظرية المرونة – Elasticity Theory) وكان لها الكثير من المراسلات العلمية مع فطاحل تلك الحقبة من أمثال (لكرانك – Lagrange) و (لكندر – Legendre) و (كاوس – Gauss). ربحت الجائزة الكبرى للأكاديمية الباريسية للعلوم لبحوثها حول نظرية المرونة، وكان لأعمالها وأبحاثها، وبالأخص على نظرية (فرمات لاست – Fermat Last) الرياضية التأثير البين عليها ولمئات لاحقات من السنين. (المترجم).

(1) [هنريخ فلهلم ماثيوس اولبرز (Heinrich Wilhelm Matthaus Olbers (1758–1840] فيزيائي وفلكي ألماني، درس الطب ومارسه في مدينة (برمن – Bremen) في ألمانيا. جعل سطح بيته مرقباً فلكياً للنجوم ليلا ونذر ليله لدراستها. كان من المهتمين بدراسة النيازك وحساب مداراتها، وكان أول من صاغ كلمة (المذنبات – Astroids) اللائي كُنّ قبله يعرفن (بالكويكبات). اكتشف النجيم (فستا – Vesta) وطلب من صديقه (كاوس) تسميته. كما اكتشف (المذنب الدوري Periodic Comet 13P/Olbers) والذي سمي فيما بعد على اسمه.(المترجم)

أمواج بحارها وحتى تغيّر وتحرك أقطابها الجغرافية والمغناطيسية) إضافة إلى اشتغاله في (نظرية الخطأ أو الشك – The Theory of Errors)(1) ومواضيع الكهرومغناطيسية.

وكباقي المفكرين والرياضيين المتدينين، فقد كان (كاوس) غالبا ما يُنكر أي جهد ذهني أو معاناة فكرية لدى ابتكاره لأي مبدأ أو إثباته لأي نظرية، فهو غالبا ما كان يعزو فضل ذلك إلى الإلهام الذاتي والاستبصار الكوني الذي كان قد وُهب إليه من لدن (الباري المصور سبحانه). لقد نقل عنه المؤلف (جيمس ار. نيومن – James R. Newman)، في كتابه الموسوم: (عالم الرياضيات) قوله:

((إني لعلى يقين من وجود العديد من المعضلات والمسائل والتي لابد وأن نُعيرها منتهى اهتمامنا وغاية عنايتنا وجل وقتنا، غير المسائل والأمور الرياضية – مثل المسائل الأخلاقية الملحة أو علاقتنا مع الخالق (عز وجل)، أو إلى أين سنمضي بكوكبنا وما عليه من مخلوقات، أو حتى تفكيرنا بمستقبلنا. رغم اتفاقي مع معظم زملائي من العلماء والمفكرين في ذلك، إلا أني مع الاعتقاد القائل بأنها جميعاً تقع خارج منظومتنا العلمية وبعيدة عن حدود سيطرة مملكتها)).

لقد فاق ما امتاز به (كاوس) من عبقرية خالصة وإبداع في التصور وموهبة في الإبداع ووسع في الأفق كثير من السابقين والمعاصرين حتى الذين جاؤوا من بعده واللاحقين من عباقرة الرياضيين على مر العصور والأدهر وبلا منازع، حتى أنه ارتقى إلى مصاف الخالدين من أمثال: (أرخميدس – Archimedes) و(نيوتن Newton) و (يولر Euler)(2)

(1) The Moral Error Theory: وتنسب إلى الفيلسوف النمساوي [جون لزلي ماكي John Leslie Mackie 1917-1981] وقد كان له ما يقوله أيضاً في فلسفة الأديان وما فوق الطبيعيات وفلسفة اللغات. وتستند على مفهومين، الأول: للمسلمات الأخلاقية دائماً دوافع ذاتية، والثاني: لابد لكل ادعاء أخلاقي من سببية (ذاتية) تبرره. وينتج عن ذلك مبدأين. يقول الأول بضرورة كون كافة الادعاءات الأخلاقية (مغلوطة). ويقول الثاني: بوجود السبب وراء اعتقادنا بخطأ تلك الادعاءات الأخلاقية. (المترجم).

(2) [ليونارد بول اويلر – Leonhard Paul Euler (1707-1783)] – وهكذا يلفظ اسمه بالإنكليزية –(فيزياني ورياضي سويسري لامع قضى معظم حياته في روسيا وألمانيا، قدم وساهم بتطور العديد من العلوم والنظريات والحقول الرياضية من أمثال التفاضل اللانهائي (Infinitesmal Calculus)، ونظرية المنحنيات (Curve Theory)، والتحليل الرياضي وقدم مفهوم الدوال الرياضية (Mathematical Function) إضافة إلى الفلك والبصريات والميكانيك. (المترجم).

ولكن ما فائدة كل ذلك إن كان قد عاش حياة تعيسة ولم يذق طعم السعادة يوماً؟ فقد ظل طوال حياته منعزلا – في عمله وفي أوقات راحته! – توفيت زوجته الأولى في وقت مبكر فازدادت عُزلته عمن حوله، ثم تزوج زوجة ثانية نغّصت عليه حياته بمرضها المستمر، كما كانت علاقته العاطفية والاجتماعية بكافة أولاده متوترة لا تمت إلى العلاقة الأسرية برابط. لقد كان (كاوس) كثير التدقيق عليهم في أعمالهم دائم التأنيب لهم في دراستهم إلى الحد الذي بلغ معه منعهم من الذهاب إلى المدرسة وصدهم عن تكملة تعليمهم وعدم موافقتهم في اتخاذ أي حقل من حقول العلوم كمهنة مستقبلية لهم، لأنه كان لا يرضى إلا على الكامل من العمل والمثالي من التصرف ولم يشأ أن يطلق اسمه أو اسم عائلته على أي عمل أو بحث يمكن أن يصنف دون المستوى المطلوب من الامتياز والكمال!!...

ولد (كاوس) في مدينة (برنزوك – Brunswick) الواقعة في منطقة (سكسونيا السفلى – Lower Saxony) في ألمانيا. شغل والده العديد من الحرف خلال حياته بما في ذلك بستانياً وماسك حسابات إحدى الوكالات الخاصة بالتأمين. وصف (كاوس) والده بأنه كان نكرة مستبداً سيئ المنظر والمعشر. أما أمه فقد عمّرت طويلا رغم مرضها حتى وافاها أجلها عن عمر ناهز السابعة والتسعين عاما قضتها متفانية لعائلتها مخلصة لزوجها حريصة على بيتها وتربية أولادها حتى أنها قضت (22) سنة من عمرها مع ولدها (كاوس) تحاول الترفيه عنه وتؤنس وحشته وتشد من أزره.

لقد كان – وكالكثير من عباقرة هذا الكتاب – طفلا موهوباً فذاً تعلم الحساب والعد قبل أن يتعلم النطق، ففي عامه الثالث يذكر التاريخ عنه تصحيحه لحسابات والده عندما كان يراجع مجاميع أجوره. وتذكر إحدى الأساطير التي حيكت حوله تمكنه من مفاجأة معلمته حينما توصل حالا إلى الجواب الصحيح لأحد الفروض المدرسية عندما طلبت مدرسته من فصله إيجاد حاصل جمع كافة الأعداد من الواحد وحتى المئة. (ولا يستبعد تمكن كاوس من الوصول إلى الحل الصحيح لتلك المسألة حالا باستنباطه لقانون جمع الأعداد الصحيحة التالي:

$$\boxed{1 + 2 - 3 + \ldots + n = n(n+1)/2}$$

فيصبح الجواب الفوري للمسألة:

$1 + 2 + 3 + ... + 100 = 100\,(100 + 1)\,/\,2$

$= 10100\,/\,2$

$= 5050$

إلا أن بعض المؤرخين اليوم لا يستبعد أيضاً كون كامل تلك القصة حول قابليته الحسابية مجرد أسطورة من وحي الخيال، إلا أن شكلا مغايراً لأسطورة قابليته على الحساب السريع ذُكِرَت على لسان المؤلف والمؤرخ (ارك تمبل بل – Eric Temple Bell) في رائعته المنشورة عام (1937) تحت عنوان (رجال الرياضيات – Men of Mathematics) والتي فيها ما يُعزز الإعجاب بذاك العبقري اللامع ويرفع من شأنه أكثر حين كتب يقول:

((بدأ الفصل الدراسي وكانت الحصة الأولى في موضوع الرياضيات والحساب، وقد كان (المعلم) على يقين شبه تام بأن لا أحد من طلابه كان قد سمع (بالمتوالية الحسابية - Mathematicul Progression) أو تعرف عليها من قبل، ولما أراد أن يُشغلهم من ناحية ويبين لهم (حنكته) بالتوصل إلى الإجابة على مسألة طويلة من هذا النوع وبسرعة بتطبيق القانون الخاص بها من ناحية أخرى، فقد طلب الأستاذ من تلامذته إيجاد حاصل جمع كافة الأرقام التالية ولمئة مرتبه ابتداءً من:

$81297 + 81495 + 81693 + ... + 100899$

تمكن كاوس من إيجاد الجواب الصحيح في ثوان معدودة الأمر الذي عزز عبقريته الحسابية وكان بشير الخير لألمعية إنجازاته القادمة...

تعتبر المسألة السابقة متوالية عددية، عدد حدودها (100)، ومقدار الفرق بين كل مرحلة والتي تليها ثابتاً – وهو (198) – وعليه يمكن حلها وفق القانون السابق ($q = n\,(n + 1)\,/\,2$).))

لقد حذّر [(جرمي كراي – Jermy Gray) في المقدمة التي كتبها لكتاب (جي. والدو دنكتن – G. Waldo Dunnington) الموسوم – كارل فردريخ كاوس] من الانجراف وراء تصديق الخرافات التي حيكت حول قصص طفولته، وطالب بالتزام جانب الحذر

والشكك بشأن الكثير مما وصلنا منهما حين قال:

((لقد صار لزاماً علينا الشك وتمحيص كل ما وصل إلينا من قصص طفولة (كاوس) المثيرة فلا أشك في أن معظمها كان قد كتب في مرحلة متقدمة من حياته، ولا صلة لها بطفولته، ولعل أغلبها كان قد نبع من حب والدته له ومن نسج ذاكرتها بل وخيالها تجاهه، لقد حوت تلك القصص الكثير من التهويل عن قابلية الطفل (كاوس) ولكنني على يقين بأنها لم تمس، ولم تصل حتى إلى طرف واقع فطنة (كاوس) الرجل وعظمة موهبته)).

التحق بدراسته المتوسطة في مدرسة سميت بكلية مدينته برنزوك (Brunswick Collegium Carolinum) في عام (1792) والتي امتازت بمستواها الأكاديمي المرموق في الحقول العلمية. وفي خلال سني مراهقته كان (كاوس) قد تمكن من التوصل إلى العديد من الاكتشافات الحسابية وإثبات الكثير من النظريات الرياضية، وتأكيد العديد من المشاهدات الطبيعية، قبل أن يعرف أن معظمها كان قد أثبت أو اكتشف سابقاً.

لقد توصل – وعلى سبيل المثال – إلى إعادة اكتشاف [قانون بود لمسافات الكواكب – Bode's Law of Planetary Distances] (راجع تفصيل مدخله في هذا الكتاب) والذي نص على إمكانية التنبؤ بمقادير المسافات الفاصلة بين الكواكب والشمس، و(نظرية ذات الحدين – Binomial Theorem) المرفوعة إلى القوى الحقيقية كما أعاد اكتشاف المعدل الحسابي – الهندسي (Arthmetic – Geometric Mean).

يُحسب المعدل الحسابي – الهندسي لعددين موجبين حقيقيين (x) و (y) بحساب معدلهما الاعتيادي أولاً وهو

$$a_1 = (x + y) / 2$$

ثم نقوم بحساب معدلها الهندسي:

$$g_1 = \sqrt{x\,y}$$

ثم بعد ذلك نكرر المتوالية مرات ومرات، والتي أخيراً سوف تختزل إلى ذات العدد وهو ما يرمز له بـ [M(x+ y)]

وهو ما اصطلح على تسميته (بالمعدل الحسابي - الهندسي) لـ x و y.

ولتعميم ما سبق نقول:

$$a_n + 1 = \frac{a_n \cdot g_n}{2}$$

ثم بحساب معدلهما الهندسي وهو

$$g_{n+1} = \sqrt{a_n g_n}$$

ولقد استنبط كاوس مصطلح (مقلوب - Reciprocal) المعدل الحسابي - الهندسي للعددين (1) و ($\sqrt{2}$) والذي يعرف الآن، وتقديراً له بثابت كاوس (G) ويساوي:

$$\frac{1}{M(1, \sqrt{2})} = G = 0.83462684167$$

يستفيد الرياضيون من (المعدل الحسابي - الهندسي) آنف الذكر في حساباتهم لقيم المسافات الإهليجية الكاملة - Complete Elliptic Integrals) وفي إيجاد مقلوب المماس - Inverse Tagent)[1] وقد تمكن من ربط ذلك المعدل (بتوسيعه للمتوالية اللامنتهية - Infinite Series Expansion). كما كان (كاوس) قد قام بعمل استثنائي آخر بالنسبة لفتى بعمره حينما حسب مقدار قيمة الجذر التربيعي للعدد 2 ولخمسين مرتبه عشرية:

1.41421356237309504880168872420969807856967187537694

حدث ذلك عندما كان لا يزال فتىً يدرس في المرحلة المتوسطة، كما تمكن أيضاً من اكتشاف (مبدأ المربع الأصغر - Principle of Least Square) خلال بحثه عن نماذج متواليات الأعداد الأولية.

وقُبيل دخوله إلى مرحلة الدراسة الجامعية، كان (كاوس) قد تمكن من إعادة اكتشاف قانون (مقلوب المعادلات الآنية - Quadratic Reciprocity)، متزامنا مع، وعلى انفراد عن كل من الفيزيائي والعالم الرياضي السويسري [ليونهارد اويلر (1783-1707) Leonhard Euler] والرياضي

(1) Tangent هو (الظل) كقيمة مثلثية - Trigenometric Function) تساوي حاصل قسمة الضلع المقابل لإحدى زاويتي المثلث قائم الزاوية على ضلعها المجاور، وفي الهندسة هو المماس للمنحنى، أي المستقيم الذي يمسه بنقطة واحدة فقط (المترجم).

الفرنسي [ادريين ماري ليكندر (Adrien – Marie Legendre (1752–1833]، وقد كان السبّاق فيما بينهما للتوصل إلى الإثبات الأمثل والحل الأصوب لذلك القانون. لقد شغف (كاوس) بذلك القانون وأُعجب به كل الإعجاب إلى الدرجة التي يذكر لنا التاريخ معها استمراره في البحث عن الحلول والإثباتات وطوال فترة حياته حتى تمكن من التوصل إلى سبعة إثباتات مختلفة له خلالها.

[وللقراء المتحمسين رياضيا، لنا أن نذكر اعتبار (قانون مقلوب المعادلات الآنية – Quadratic Reciprocity Law) قانونا مهتما بحل معادلتين آنيتين مرتبطتين بالطريقة النمطية المقننة للحساب – Modular Arithmetic][1].

لقد توصل (كاوس) أيضاً ولما يزل في مرحلة حداثته إلى إيجاد الطريقة التي مكنته من رسم المُضلع المنتظم صاحب الـ (17 ضلعا)، [ويسمى باللاتينية (هبتا ديكاكون – Heptadecagon) وتعني الكلمة هبتا – Hepta – الرقم سبعة وديكا – Deca – الرقم عشرة، أما الملحق كون – gon – فيعني مضلع أو مختصر لكلمة Polygon] باستعمال المسطرة والفرجال فقط. ولأبراز أهمية هذا الإنجاز الرياضي الباهر بل وهذا الحدث الهندسي الخطير، لابد لنا أن نذكّر بأن (كاوس) هذا كان أول من نجح برسم هذا الشكل (بأضلاعه السبعة عشر) رُغم فشل كافة محاولات رسمه بنفس الأدوات – أي المسطرة والفرجال – من قبل عظماء الرياضيين والفلاسفة والباحثين منذ ما ينيف عن (1000 عام)!! أي منذ عهد (اقليدس – Euclid)!!. لقد كان باستطاعة الرياضيين إنشاء الأشكال المضلعة المنتظمة والمسماة (مضلعات – ن أو n – gons) حينما بلغت قيمة الرقم ن، 3 و 5 أو أحد أسس الرقم 2، أي 2 مرفوعة إلى القوة 2 أي (2×2) = 4، و2 مرفوعة إلى القوة 3 أي (2×2×2)=8 و 2 مرفوعة إلى القوة 4 أي 16 = (2×2×2×2) ضلعاً وهكذا... أما (كاوس) فقد ابتكر طريقته

(1) Modular Arthmetic – لغة هو الحساب المتعلق بطريقة... والتابع لنسط محدد مقنن، واصطلاحاً هو الحساب المتعلق بضابط أو معامل أو رابط يحدد له صفاته، وعملياً هو نوع الحساب الحاوي على أرقام صحيحة لها صفة (الالتفاف) والانغلاق على بعضها لتعود إلى الرقم الذي ابتدأت به أولاً بعد وصولها لقيمة معينة خاصة تسمى (بالمعامل – Modulus). وهو نوع الحساب الذي ابتكره (كاوس) ونشره في عام 1801، وقد يسمى (بحساب الساعة – Clock Arthmetic)، لعودة أرقامها للبدء من جديد بعد كل دورة. (المترجم)

الرياضية الفريدة لتوسيع عائلة المضلعات بإضافة أفراد بعدد أضلاع أولية من النوع $[1 + 2^{(2n)}]$ حينما يُمثل n عـدداً صحيحاً. وعليه فإن مجموعة هذه العائلة ستضم مضلعــات ذوات ($F_0 = 3$ أضـــلاع) و ($F_1 = 5$ أضـــلاع) و ($F_2 = 17$ ضلعـاً) و ($F_3 = 257$ أضـلاع) و ($F_4 = 65،537$ ضلعا)... وهكـذا. وقـد يُطلق اسم (أعداد فرمـت – Fermat Numbers) أيضا علـى الأرقام السابقة، ولا يشترط كونها أعداداً أولية. ولقد تم رسم المضلع المنتظم الحاوي على (257) ضلعاً في عام (1832).

لقـد احتفظ (كاوس) بتقديره الذاتي واحترامه الشخصي لإنجـازه الفريد وهو (المضلع ذو السبعة عشر حداً السابق ذكره) حتى هرمه وشيخوخته. وقد بلغ به إعجابه بإنجازه ذاك أن أوصى أن يُنحت شكلـه على شاخصة قبره بعـد وفاته، ولكن الطريف في الأمر جاء علـى لسان حافر القبور وناحت الشواخص عندما اعتذر عن القيام بذاك العمل متعللا بأن مثل ذلك (المضلع) سيظهر بشكل (دائرة) لكل من يراه!! فاستطاع أن يدّخر جهده ووقته وألا يبددهما في مهمةٍ لا ناقة له فيها ولا جمل!!

لقد وُصف عام (1796) بأنه الأغزر إنتاجاً في حياته كلها، وكان ذلك حين بدأت تنهال على ذهنـه الأفكار والإنجازات وكأنها زخات مطر من سماء مُلبدة لا يكاد يرى أحد نهاية لانقشاع سُحبهـا.... أو لكأنهـا شلال متدفق من عين ثَرّة لا تنضب. لقـد شهدت تلك السنة إضافة إلى إنجـازه حل مشكلة رسم المضلـع ذي الحدود السبعة عشر – الهبتاديكاكـون – في الثلاثين من شهـر آذار (مارس)، اختراعـه (للحســاب النمطـي – Modular Arithmetic) وتقديمه (لقانـون مقلوب المعادلات الآنية – Quadratic Reciprocity Law) في الثامن من شهر نيســان (أبريل)، ونظرية الأعداد الأولية في الحادي والثلاثين من شهر مايس (ماي). كما تمكن أيضـا وفي اليوم العاشر من شهر تموز (يوليو) من نفس العام من إثبات حقيقة إمكانية التعبير عن أي عـدد صحيـح موجب بواسطة حاصل جمع مـالا يزيد عن ثلاثة أعـداد مثلثية. وتمكن من اكتشاف الحل الصحيح (لمتعددة الحدود – Polynomials) بمعاملات ضمن الحدود النهائية (Coefficients in finite fields) في الأول من تشرين أول (اكتوبر) من عامه الحافل ذاك.

تنص نظرية الأعـداد الأولية على إمكانية التعبير تقريبياً عـن الأرقام الأولية التي تقل عن قيمـة محددة (n) بـ (n/ (ln n)). هـذا ويعتبر (كاوس) أول من طـرح فكرتها التي

أمكـن إثباتهـا أخيراً في عـام (1896) من قبل كل مـن الرياضي الفرنسـي [جاك هادمرد Jacques Hadamard (1865–1963)] والرياضـي البلجيكـي [شـارل دولا فـالي بواس Charles de la Vallee Poussin (1866–1962)] كُلا بصورة مستقلة وعلى انفـراد. لقد استخـدم الرياضيان البارعان تحليلات معقدة مضنيـة في إثبات تلك النظرية في زمـن أيقن الجميع فيه باستحالة الوصـول إلى إثبات أبسط، بطرق أسهل أو بتفكير أيسر حتى جـاء الحدث الرياضي العظيم في عام (1949) حين أمكـن إثباتها ببساطة مطلقة باستخدام طريقة ابتدائيـة غابت عن الأذهان فلم تدركها العقول، إلا عقـل الرياضي النرويجي اللامع [عطيل سلبرك الذي ولد عام (1917) Atle Slberg] وقريحة الرياضي المجري الفذ [بول إردو Paul Erdo's (1913–1996)] كُلا علـى انفـراد أيضـاً. وقد ظهر عرضياً إمكانية استخدامها لاشتقاق نظرية أخرى ذات علاقة تنص على: ضرورة وجود عدد أولي واحد على الأقل بين أي رقم ومضاعفه لمجموعة الأعداد التي تفوق العدد [(1)، (n>1)].

وبامكاننـــا أن نثبـت كـذلـك – وبالاستناد على (نظرية الأعـداد الأولية – Prime Number Theorem) بـأن معدل (الفجوة) الحاصلة ما بين أي عددين أوليين أقل من (n) هـي [الـن (n) (ln (n)]، وعليه إذا أحببـت أن تتفحص الأعداد الأوليـة الصحيحة الأولى مـن سلسلـة الأرقـام وهـي: 2، 3، 5، 7، 11، 13، فإنك لاشك ستلاحـظ أن الفـروق المتتاليـة بينهـا ستكون 1، 2، 2، 4، 2،... وهكذا).

أمـا بخصوصـص اكتشافه للحقيقة الرياضيـة القائلة بإمكانية التعبير عـن أي عدد كحاصل جمع ما لا يزيد على ثلاثة أرقام مثلثية، فقد كانت من الصدف الجميلة المتعلقة بحرصه على تدوين ملاحظاتـه ومذكراته بصورة تكاد تكون قسريـة (Compulsive) وبصورة يومية بـلا انقطاع. ففي إحـدى مُدْخلاتها المؤرخة في اليوم العاشر من شهـر تموز (يوليو) من عام (1796) وجدنا الملاحظة التالية مكتوبة بوضوح تام وبسطر واحد فقط هو:

(($\Delta + \Delta + \Delta$ = EYPHKA: num))

والتي تجسد نظريته التي عرفت لاحقاً باسم (الأرقام المثلثية – Triangular Numbers)[1] والتي يمكن التعبير عنها بمنظومة نقطية متنامية من النوع الذي تمثله الأعداد التالية وبداياتها هي [1، 3، 6، 10، 15، 21، ...].

لقد وُهب (كاوس) ذهناً وقاداً وتفكيراً ديناميكياً لا تعرف الهوادة له سبيلاً، فقد كانت أفكاره ونظرياته تتدفق عليه كالسيل العرمرم الذي لا يصده مصد ولا يوقفه حاجز[2]، فقد عُرف عنه غزارة إنتاجه إلى الدرجة التي لم يسعه إلا تسجيل ما يطرأ على ذهنه بأكثر الطرق اختصاراً، (لاحظ ما سبق!!) دون توفر الوقت الكافي لديه للتعمق فيما جادت له به قريحته ولا للبحث فيما هدته إليه عبقريته.

وإليك فيما يلي ومضات منتقاة وشذرات معدودات خالدات من فيض ما فاحت به له عبقريته وما تلألأت لنا به ملكته خلال حياته:

- قدم أربعة براهين جوهرية أصيلة للنظرية الجبرية القائلة؛ بوجود عدد من الحلول الممكنة لكل معادلة متعددة الحدود (Polynomial Equation) ذات معاملات معقدة تساوي قيمة أعلى أُس رفع له أحد مجاهيلها.
- حلل بصورة كاملة وافية معادلة الدائرة العامة:

والمتمثلة بـ: (Cyclotomic Equation) – (x) – 1 = 0) مرفوعة إلى الأُس n.

- اخترع منظار المساحين (Heliotrope) وهو عبارة عن أداة يمكنها جمع شعاع الشمس وإرساله – مركزاً – على مدى مسافة شاسعة من الأرض لأغراض مسحها.
- تمكن من إعادة اكتشاف (الدائرة الكهربائية لكرشهوف – kirchhoff's Electrical Circuit) و (قوانين الانبعاث الحراري – Thermal Radiation Laws) وذلك في عام

---

(1) ويعرف الرقم المثلثي – Triangular Number – بأنه يساوي عدد النقاط في مثلث متساوي الأضلاع وقد مُلئ بها. وعليه فإن 3 نقاط ممكن أن تشكل مثلثاً متساوي الأضلاع. وكذلك، نقاط 10، 15، 21. وهكذا حتى المثلث رقم n حيث يحتوي على n من النقاط على أحد أضلاعه... ورياضياً نقول: إن العدد المثلثي، هو ما يساوي حاصل جمع كافة الأعداد الطبيعية (n) من (1) إلى (n)، وفقاً للقانون التالي:

$$\left[T_n = 1+2+3+\dots+(n-1)+n = \frac{n^2+n}{2} = \frac{n(n-1)}{2}\right]$$ (المترجم).

(2) و(.... كأنه جلمود صخر حطه السيل من علِ). (المترجم).

(1833).بمعيـة الفيزيائي الألماني الفذ [فلهلم ويـبر (Wilhelm Weber (1804-1891]، اختصت تلك القوانين بتأكيد وتحديد مواصفات حفظ الشحنة والطاقة في الدوائر الكهربائية.

• ابتدع أول (تلغراف – Telegraph) في العالم مع العالم (ويبر). والتلغراف هو جهاز لبعث الرسائل بواسطة الإشارات الكهربائية المتقطعة عن بعد.

• مارس وابتكر وزاول أعمالا وأبحاثا كثـيرة شملت حقول الفيزياء النظرية، والخاصية الشعرية، والميكانيك والبصريات ودراسة المواصفات البلورية وعلم انتقال الأصوات وكيفية تولد الصدى منها.

• استطـاع تعيين المقـدار المغناطيسي الكامـن – Magnetic Potential)[1]. في أي نقطة على سطح الأرض، وذلك باستعمال متوالية لانهائية من الدوال الكروية.

• أثبـت صحـة الاعتقاد القائل بإمكانية الاستعاضة عـن أي تركيب معقد من العدسات اللازمة لإجراء أو اختبار أي تجربة في علم البصريات الضوئية بعدسة واحدة مناسبة.

• ساهـم بتطوير والإضافة إلى علـوم الكهرومغناطيسية والأسطح المنحنية وطريقة المربع الأصغر[2]ودوال الهندسة الفائقة[3] والهندسة التفاضلية[4].

• كتب عن أساليب الرسم والتصوير ونظرية المساقط لرسم الخرائط.

(•) للضرورة التوضيحية فيما يلي تعاريف مختصرة للمصطلحات الرياضية المذكورة في هذه الفقرة.(المترجم).

(1) ويعنـي أولاً – المقـدار المغناطيسي المتجه الكامـن (Magnetic Vector Potential) ويعني ثانيـاً – المقدار المغناطيسي القياسـي الكامـن (Magnetic Scalar Potential) ويماثل الثاني فرق الجهد الكهربائي (Electric Potential)، ويستعمل غالبـا مـع الحقل المغناطيسي من نوع H. ويماثل الأول (وهو عبارة عن حقل متجه ثلاثي الأبعاد يتولد الحقل المغناطيسي من دورانه وهـو المصطلح الأكثر استعمـالا) الثاني في عمله، إلا أنه يستعمل غالباً مع الحقل المغناطيسي من نوع B. يستخدم هذان المصطلحان في مفاهيم النظريات الجزيئية الحديثة كنظريتي النسبية (Reletivity) وميكانيكا الكميم (Quantum Mechanics) بدلاً من مصطلحي الحقل الكهربائي والمغناطيسي عن الوكيبيديا، وللاستزادة راجعها. (المترجم).

(2) The Method of Least Squres – طريقـة رياضيـة لإيجاد الحلول التقريبية (للنظم فـوق المحددة -- Overdetemined Systems) وهي النظم الحاوية على معادلات اكثر من المجاهيل، وتستعمل في الإحصاء، ولاسيما في (التحليل التقهقري - Regression Anafysis).

(3) Hypergeometric Functions– وهـي الدوال التي تتعامـل مع (الهندسـة التفاضلية -- Differential Geomtry) و(الجبر التبادلي – Cummutative Algebra)، وتقع ضمن رزمة من النظريات الكلاسيكية والكيميـة التي تفسـر بعـض المجالات (والحقول) الغريبة مثل حقل Susy: Super Symetry– الذي ترتبط فيه جزيئات الفتلة الكاملة (one Spin) مع جزيئات تختلـف عنها بمقدار نصف الفتلة (Half Spin) وتسميان بالمتآلفات الفائقة (Superpartners)– ومجال BRST؛ المعنـي بطرق نظرية الكـم المعقدة ومجال الجاذبية الفائقـة (Super Gravity)؛ وهي إحدى نظريـات توحيد الحقول فمثلا تحاول توحيد مبادئ مجال التماثل الفائق (Super Symetry) مع النظرية النسبية العامة (The General Theory of Relctivity).

(4) Differential Geometry – وهـي الهندسة التي تستعمل حساب التفاضل والتكامل (Calaulus) والحساب الجبري الخطي والمتعدد (Linear & Multilinear Algebra) لدراسة وفهم مسائل هندسية متعلقة بتصميم شكل الكون أو المجالات المتأثرة بفعل الجاذبية. (المترجم).

سبق للفلكي الإيطالي [كوسب بيازي (Giuseppe Piazzi(1746-1826)] أن اكتشف في العام (1800) أحد المذانبات الذي أطلق عليه اسم (سيرس-Ceres)، واختفى (سيرس)[1] خلف قرص الشمس واستحال تعيين موقعه، ولكن - كاوس - بعبقريته الرياضية وحنكته تمكن من التنبؤ بدقة بموقعه فأُعيد اكتشافه. علق الفلكي النمساوي [فرانز زافر فون زاك (Franz Xaver Von Zach (1832-1854] على أهمية وألمعية (كاوس) في مقتطف من كتاب (كرتس ولسن - Curtis Wilson) الموسوم (كارل فردريك كاوس) بما يلي: ((**أكاد أُجزم بأنه لولا عبقرية الدكتور (كاوس) ودقة حساباته لما تمكن أحد من إعادة اكتشاف موقع المذنب (سيرس - Ceres) مرة أخرى أبداً**)).

ومن الملاحظ والمدهش في سلوك (كاوس) هذا أنه كثر ما التجأ إلى إخفاء معارفه ومعلوماته (بل ولقد دأب على ذلك) من أجل الاحتفاظ بسبق التفوق على زملائه ومعاصريه ولإعلاء شُهرته ومجده!! لقد كان كثير الأفكار غزير الإنتاج، وكان من عادته نشر نتائجه النهائية بأسلوب نهائي (مُشفّر) وبلا أي اشتقاق، ومن ثم يعود لنشر إثباته واشتقاقه لما سبق هو أن نشره، هذا وقد أكثر من استخدام هذه الطريقة إمعاناً في جلب الانتباه والأضواء إلى شخصه وإمكانياته.

في عام (1801)، نشر أول كتبه المنهجية حول (نظرية الأرقام الجبرية -Algebraic Number Theory)[2] بعنوان (حلول حسابية - DisquisitionsArthmetica).

وفي عام (1803) قابل (يوانا اوستوف - Johanna Osthoff) وهي ابنة لأحد مالكي المدابغ المحليين. لقد ذهل (كاوس) حينما رآها وتعلق قلبه بها من النظرة الأولى وقد شدت

---

(1) Ceres - وهو الكوكب القزم أو (Ceres I)، أصغر كواكب مجموعتنا الشمسية (قطره 950 كيلومتراً) على الإطلاق والوحيد الموجود في حزام الكويكبات الذي يقع ما بين كوكبي المريخ والمشترى. اكتشف في الفاتح من شهر كانون ثاني من عام (1801) من قبل [كوسيبي بيازي -Giuseppe Piazzi (1746-1826)] وهو كاهن ورياضي فلكي إيطالي. و(سيرس) هو اسم إله النبات والخصب الرومانية. واتخذت اسم الآلهة وهي أخت وزوجة ابو الآلهة (زيوس) هيرا (Hera) كذلك. وهي آلهة الزواج والنساء في الميثالوجيا الرومانية (المترجم).

(2) Algebraic Number Theory - وهي فرع كبير من (نظرية الأرقام - Number Theory) والتي تدرس الهياكل الجبرية المتعلقة بالأرقام الجبرية، وتتم العملية بتشكيل حلقة من الأرقام الجبرية يرمز لها (O) ضمن نطاق أو حقل محدد من الأرقام هو (K/) ومن ثم دراسة خواصها الجبرية (كالمفكوك - Factorial) وتصرف الأفكار (Behaviour of Ideas) ومديات الحقل (Field Extension). وفائدتها بالاستدلال عن مجاهيل ظاهرة بربطها بالمعلوم منها. (المترجم).

أو تـار قلبه، فراح يُطارحها غراماً أدبياً علـى ورق وعبر رسائل مفعمة بالوجد والهيام والقلق متوسلاً إليها أن تفتح له قلبها وتستمع إلى صريخ أنّاته وذبيح آهاته المكلومة منها، وبها... ومما جاء في إحدى رسائله إليها والمؤرخة في 12 تموز (يوليو) من عام (1804) اقتطف لك ما يلي:

((يا غاليتي.. ويافتنتي، هلا تفضلت بقبول حقيقة حبي إليك واستعدادي لإراقة دم قلبي بين يديك... بيدي أخط عهدي وبعقلي وعاطفتي أطرح أمري، دعيني أهدي قلبي لسمو سكونك وصمتك الملائكي.... أصديقة أم حبيبة؟.... لي، لا بل أنت روح سامية عزيزة على نفسي قريبة إلي بعيدة عني وبعيدة عن كل ما ينقصها، غالية رائعة، لا تُقدّرين، حتى أنت بنفسك مقدار غلاك عندي وقيمتك لدي؟ لا تقدرين قيمتك ولكن قلبي يفعل، لا تعرفين شوقي ولكن سهادي يشهد. لقد صرت أمسي وأصبح أحمد الله (عز وجل) وأشكر السماء ليل نهار لمنحها إشراقة وجهك إياي لأكمل بها مرآي!!... وهل لي أن أقول بل منحتك قلبي وهو يتفطر. إلى متى أكابد وأتحمل فلقد كاد حملي أن يقصم ظهري. حبي وقلبي لك فلا ترديهما خائبين. ألا تودين سد فراغ قلبي (الذي هو لك الآن) في صدري بقلبك. نعم لقد بلغ بي الشوق مبلغه واضطرم فؤادي فهو في أوجه ولن يسعدني في هذه الدنيا، بل في هذا الكون ولن يريحني شيء، ما لم أرك راضية مرتاحة في أحضاني غافية قريرة العين بين أضلاعي ونفسك من صدرك هو نفسي وأن يكون شعورك هو نفس شعوري، لقد أرقتُ دم قلبي أمامك وصلّيتُ في محرابك لك، وطلبت رضاك. عزيزتي... حبيبتي... سيظل قلبي ذائباً وحبي خائباً وروحي مكلومة وإرادتي أسيرة وعقلي سارحاً... وأنا بصبر أنتظر وصول ردّك إليّ....)).

خطب (كاوس) (يوّانا) في ليلة الثاني والعشرين من شهر تشرين ثاني (نوفمبر) من عام (1804)... ملك الدنيا وصفقت أجنحة خافقة فرحة بها وطار قلبه ليلتقط يراعاً يخط به قسم الحب والهيام حين قال:

((إيه أيتها الحياة... ها قد انقلبت – وبفعل ضحكة واحدة من ثغر محبوبتي – إلى ينبوع ربيعي زاه بألوانه بل إلى شلال دفق من السعادة غمرني بأنغامه، هلمي إليّ أيتها الحياة... ها قد خُلقتُ من جديد)).

ولم تسع نفسه سعادتها فأرسل خطابه ذاك لكل أصدقائه.

كُللت خطبتهما بالزواج السعيد الذي زيّنه إنجابهما لولد وبنت. ولكن أيعقل أن يمر موكب سعـادة بلا جروح وهل نسي القـدر قدره ليسيل ينبوع الحب بلا قروح؟؟... لا!!، فسرعان مـا امتدت يد المنون لتُعكر صفوه ولتلطم روحه فاختطفت من بين أحضانه زوجته ومن لب سعادتـه ابنـه ومن أمام ناظريه والده، فأمسى فؤاد (كاوس) خاوياً. كانت ضربة الموت عليه شديدة ووقعها عليه مدمراً طار لها لبّهُ وتفرقت لأثرها فرائصه، ومن بين الأقربين كان فقدان (زوجتـه) عليه صعباً وفراقها لـه مراً، طار لها عقله وفؤاده وفقد علـى إثرها صوابه ورشده فارتمى إلى أحضان الكآبة غير نادم وتملكه اليأس غير غانم.

لم يتمكن من العيش وحيداً فلملم جراحه وعقد عزمه وتزوج صديقة زوجته (منا ولدك – Minna Waldeck)، ليشم منها رائحة فقيدته ولينجب منها ثلاثة أطفال.

لقد اختط (كاوس) منحى خاصاً لفلسفته في العلوم وتقدم المعارف والتي كان قد أفصح عنها بوضـوح في رسالته التالية التي أرسلهـا في يوم من أيام عام (1808) إلـى صديقـه الرياضـي المجـري الشهـير [فاركـاس بولاي – Farkas Bolyai (1775–1856)] والتي جاء فيها:

((إن ما يوصلك إلى هناك، وما يمكنك من السعادة، لا مقدار المعرفة ولا غزارة العلوم...

وإنما هو فعل الشـغف ورغبتك في التعلم، وما يجعل منك عالماً حقاً هو ليس امتلاكك للمعرفة... وإنما بطريقك للوصول إليها، ففي ذلك المتعة وهناك يكمن بيت القصيـد..!!

لقد دأبت طوال عمري على البحث والتقصـي والإنجاز الـذي بلغ حد الإبداع... ولما وصـلت إلى ما نشـدته روحي وتاقت إليه نفسـي أدرت ظهري له وأشحت بصري عنه ورميت بنفسـي إلى أحضـان الظلام والمجهول مرة أخرى، لا شـيء إلا لأسـتعيد مُتعة الوصول إلى قمة جديدة، ونشوة الانتصار بوطئي لهدف حل مسألة عنيدة.

هـل لي أن أقول إن إشـبـاع الرجل النهم إلى العلم مهمة لا تُـدرك؟ أم أقول إن توقه ذاك لغريب، فكلما أكمل تجربة وهضـم معضـلة وحالما حل مسـألة أو فهم فكرة... تراه لا يفسـح لنفسه المجال ولا يضيّع من يده الزمام بتفحصها وتمحيصها وغربلتها وتحقيقها،

بل تراه ينتقل إلى مسألة أصعب أو معضلة أعقد ليبدأ مشوار صراعه معها - حتى تلين وتخضع هي الأخرى له. لابد لقاهر العلوم وهاضم المعرفة أن يكون غازيا متعطشاً لا يعرف الانتظار لنفسه طريقاً ولا الراحة لنفسه سبيلاً، فكلما سقطت قلاع مملكة تحت ضربات سيف فكره وسنابك أفراس عبقريته تراه سرعان ما يهب ويغزو ليدك أخرى)).

أكمل (كاوس) تأليف كتابه الثاني وتمكن من نشره بجزأين في (1809) تحت عنوان: (Theoria Motus Corporum Coelestium in Sectionibus Conicis Solen Ambientium) **(نظرية في حركة الأجرام السماوية حول الشمس بمقاطعها المخروطية)** وقد كانت أطروحة بارعة ناقشت حركة الكواكب والأجرام. تضمن جزؤه الأول مناقشة ووضع العديد من المعادلات التفاضلية ذوات العلاقة، وحفظ لنا جزؤه الثاني تفاصيل السبل اللازمة لتقدير وتعيين وحساب مسارات الكواكب في مداراتها.

لقد عانى كاوس - وطوال حياته - من الشعور القسري بالرُهاب والكآبة الشديدة متزامنا مع الإحساس الداخلي بالظلم والاضطهاد، وحاول جاهداً مقاومتهما، وقد ظهر ذلك جليا في رسالته البيّنة، التي أرسلها في عام (1834) إلى تلميذه السابق (كرستيان كرلنك - Christian Gerling) والتي ضمنها شجونه وآهاته وشعوره الدائم بالوحدة والوحشة في هذا العالم رغم إحاطة الجميع له وحفاوة الكثيرين به. وفي خلال مقاومته لسلبيات شخصيته ومثالب خوفه و(مرض) نفسيته وظلام انعزاله وابتعاده عن الناس والمجتمع... وبالرغم منها جميعاً فقد تمكنت عبقريته من التفتق والازدهار وزاول عمله مواصلاً الليل بالنهار حتى انتشر عمله وينعه، وبلغ نجاحه الأفق حتى طبقه فقد عُرف واشتهر كأفضل عالم للرياضيات في تلك الحقبة على الإطلاق[1].

ذكر كاتب السير الذاتية(كنيث او. ماي - Kenneth O. May) في مشاركته في معجم سير العلماء الذاتية - حول كاوس - بأنه كان مشغول الفكر كثير الإنتاج فغالبا ما تصارعت الآلاف من الأفكار في رأسه ودارت الملايين من الإبداعات بين تلافيف دماغه، إلا

(1) يصنف اختصاصي علم النفس (Psychology) وعلم النفس المرضي (Psychiatry) اليوم مجموع الأعراض والدلالات التي عانى منها (كاوس) ورافقت عبقريته تحت مسمى عام شامل يميز نوعا خاصا من الشخصيات الإنسانية المبدعة وينغص عليها حياتها في آن وقد يدفعها أحيانا إلى الانتحار وهي (الشخصية المضطهدة القسرية - Paranoid Personality) و (العصاب القسري الاضطهادي - Obsessive Compulsive Personality) ومن شخصياتها عبر الزمن نيوتن و(كاوس) وفرويد وبيكاسو وهتلر وغيرهم. (المترجم).

أنـه لم يتوصل إلى مراحل رعاية وإنضاج الكثـير من تلك الأفكار والإبداعات ولم يتمكن من دفع نظرياته وقوانينه رغم غزارتها إلى إحداث أي انقلاب بيّن يذكر ولا أدنى ثورة في الفكر العلمي البشري العام آنذاك، وذلك للأسباب التي شرحها لنا قائلا:

((علينا أن نُدرك الفرق ما بين وجود أو الحصـول على كمية من العلوم والمعارف من جهة، ومقدار ما يمكن أن يُجسده ذلك من تأثير على العلوم أو المجتمع من جهة ثانية. لقـد كـان ذلـك التفريـق فـي الوقـت الذي عاش فيه (كاوس) مبهما، أما اليوم فقد أصبـح الفرق بينهما بيناً. لقد شهـد (كاوس) حدوث، وعاش بالفعل فترة أعظم ثورتين لأجل فكرتين رياضيتين خلال القرن التاسع عشر وهما: (الهندسة اللاإقليدية – Non - Euclidean Geometry)[1] و (الجبر اللاتبادلي – Non Communative Algebra)[2].

وفي حين تعود الهندسة الإقليدية إلـى زمـن (إقليدس الإسكنـدري الذي ولـد حوالي 300ق.م – Euclid of Alexandria) وهو الملقب بأبي الهندسة في القرن الأول قبل الميـلاد، لم يتـم تقبل فكرة الهندسـة اللاإقليديـة [والتـي تناقش وتفسـر من مجمل ما تناقشه وتفسره مفهوم (الزمـكان – أي توالف عاملي الزمان والمكان– Space time) إلا في حدود القرن التاسع عشر الميلادي.

أمـا الأولى فقـد كرهها ورفضها، وأمـا الثانية فقد أحبها وساندها لمـا وضعها على شكل (حسابـات رباعية الحـدود – Quaternion Calculations) في كتيب صغير نُشر في عام (1819) ولم يُثر أي ردود فعل تُذكر.

أكـد (ماركوس دو ساوتـوري – Marcus du Sautory) في كتابـه (ما عزف لحنه

(1) Non – Euclidean Geometry: هـي نوع الهندسة المتضمنـة لأشكال وأحجام لا يمكن إسقاطها مباشرة على أي فراغ إقليـدي (تقليدي) ذي عدد محدد من الأبعاد مقداره (n). وتتضمن (الهندسة اللاإقليدية) أنواعاً أخرى منها تسمى (الهندسة القطع الزائـد – Hyperbolic Geometry) و (هندسة القطع الناقصـ – Elliptic Geonetry) وأهم وأبسط ما يفرق بين الثلاثة هـي مواصفـات الخطين المتوازيين، ففي حـين أنهما لا يتلاقيان مهما امتدا في الهندسة الإقليديـة، تجدهما يفترقان في هندسة القطع الزائد ويتقاطعان في هندسة القطع الناقص.

(2) (Non-Communative or Non-Commutative Algebra) – هو مفهوم الجبر اللاتبادلي والذي يمكن تفسيره بالبديهية التالية: (a x b # b x a) في حين يعترف الجبر الاعتيادي (التبادلي) بها، أي (a×b= b×a). (المترجم).

العظماء) نزعة (كاوس) الذاتية والقسرية للانفراد بأفكاره وتردده (المرضي) في الإفصاح عن بنات أفكاره حين قال:

لقد كانت نزعة (كاوس) للغموض قاتلة، وكادت أن تودي بعبقريته الخارقة، فعلى رغم علو شأن نظريته البديعة حول (الأعداد الأولية - Prime Numbers) ووضعه لقانونها وإلى حد أي رقم حقيقي (N) بصيغة (الدالة اللوغارثمية)، فلم نجده قد كتبها إلا بأحرف صغيرة وأرقام غائرة على طارف الصفحة الأخيرة لغلاف كتابه في اللوغارتمات!! ولا نكاد نصدق أنه لم يُبَلِّغ أحداً بما اكتشفه أبداً رغم أهمية ذلك الاكتشاف!! ولكن معظم العالم كان قد سمع بـ.. وقرأ جُملته الغامضة المقتضبة والتي ذكرها بذاك الخصوص: (لا يمكن لكم أن تتخيلوا ابداً، فضلاً على أن تتذوقوا عذوبة الشعر وروعة الجرْس المُختبئ ما بين زوايا مربعات جداول اللوغارثم!!)).

لقد بين (ديفد ساموبل - David Samwels) في كتابه (النظرية الجامعة -Knit theory) وفسر ميل (كاوس) لعدم نشره لاكتشافاته بخصوص (هندسة القطع الزائد - Hypebolic Geometry) والخطأ الذي اقترفه من جراء ذلك بما يلي:

((لقد فهم الرياضي العتيد (كارل كاوس) مبدأ وفكرة هندسة القطع الزائد فهما تاماً واستوعبها استيعاباً وافياً منذ عام (1816)... ولكنه لم يتوقع ولم يأمل أن تكون فكرة تفسيره لعالم مبتعد عن نفسه وفي كافة نقاطه.... (عالم سيكون في تصوره أقرب ما يكون لكرة منعكسة مبتعدة عن نفسها ومضادة لذاتها) متقبلة ومهضومة من قبل معاصريه وعليه لم يقم بنشرها أبداً.... دارت الأيام ومرت الليالي حتى توصل إلى ذات الفكرة وأعاد اكتشافها وقام بنشرها بالفعل كل من الرياضي المجري [جونوس بولاي - Janos Bolyai (1802-1860) والرياضي الروسي [نيكولاي لوباشفسكي -Nikolai Lobachevsky (1792-1856)) كل على انفراد في عام 1825. أي بعد ابتكارها من قبل كاوس بتسع سنين!)).

لم يتوقف العلماء والباحثون عن اكتشاف وتقييم العديد الجم من اكتشافاته العلمية الرائدة

وإيجاد وتعظيم الكثير الكثير من نظرياته الرياضية الخالدة حتى بعد وفاته وذلك بمراجعة دفتر ملاحظاتــه الخاصة والذي كان هو قــد فشل بنشرها وتعميمها خلال فــترة حياته.... ولقد بلغــت إنجازاته الفكرية تلك من الكثرة بحيث أدامت زخمه الفكري وعمّقت صيته العلمي بعــد مغادرته عالمنا الفاني ولطوال مــا تبقى من القرن التاسع عشر!!، لقــد شُبّه دماغ كاوس وعقلــه كالانفجار المتسلسل المستمر في أحد معامــل (صناعة النظريات والأفكار الرياضية) والــذي خلّف (جبالاً) من المعلومات (وأطنانا) من النظريات المبعثرة هنا وهناك، الأمر الذي استلــزم من (البشر البسطاء) السياحة والتنقل عبر حطام ركامه وأكوام نفائسه لفهم طلاسمه ولانتقاء جواهره من بين أطلاله عشرات من السنين.

لقد أفصح عن ولعه وهيامه بموضوع الرياضيات في رسالة قصيرة بعث بها إلــى صديقــه وكاتــب سيرتــــه الذاتيــــة [سارتوريس فــون فالترشــوزن Sartorius Von Waltershausen (1809–1876)] والـــذي حفـــظ أســـراره وأفكـــاره فـــي كتابــه الرائع (كاوس الأسطورة – Gauss Zum Gedachtinss) والذي نشر في عام (1850) حين قـــال:

((لا أشــك مطلقا بأن الحساب هو سيد وملك علوم الرياضيات، وأن الرياضيات هي ســيدة وملكة كافة العلوم وعلــى الإطلاق، قد تُقْدم على بعضــ التنازلات هنا لخدمة (علوم الفلك) وقد تتفضــل ببعض العون هناك (للجيولوجيا والهندسة وغيرهما من العلــوم)، إلا أنها تظل وبكل المقاييس وعلى كافة الصُــعَد الآمرة الناهية الأولى والأهم وعلى كافة المستويات فهي مليكتهن جميعاً)).

ولقــد نقل المؤلف، وفي نفس الكتاب السابق قــول (كاوس) مازحاً، بأن هناك العديد من الشؤون الرياضية والمسائل الفكرية التي توجب علينا مناقشتها وحلها في (حياتنا الأخرى) إذ ليس هناك ما يكفي من الوقت (أو حتى من الإدراك) لبلوغ ذلك في حياتنا الدنيا هذه...!!

((دأب كاوســ على ذكر... وأصر على اعتبار الأبعاد الثلاثــة التي تميز عالمنا الواقعي... هي من مواصفات – أو حتى قصــور – أرواحنا وكيانا كبشر، وكان كثيراً ما يضرب المثال الــذي يفترض فيه أننا كائنات تعيش في... وتدرك فقط بعدين اثنين لا ثلاث... عندها –

يقـول كاوس - لابد وأن تنظر إلينا الكائنـات الأخرى - والتي تعيش بأبعاد ثلاث نظرة مختلفـة مغايرة... وبضـمن نفس المبدأ وعلى ذات المنوال - لابـد وأن تنظر لنا الكائنات التي تعيش وتدرك أبعاداً أكثر بصـورة تختلف عما ننظر نحن بها للأنفسنـا... والخلاصة - يكمـل كاوس مازحاً - إني لعلي يقين بأن هناك العديد من الأفكار والكثير من الحالات التي أؤجلها الآن واركنها، بل وحتى أضعها على الرف أملاً بأن (أُبعث) من جديد وبكيان أرقى وبإدراك - أكثر أبعاداً - لأُعيد دراستها وتحليلها هندسيا بأسلوب أدق...)).

لطالما شغف كاوس أيضاً باللغات وكان لها عليه جاذبية خاصة وكان له بها ولعاً غامراً، فبُرغم كونـه ألماني المولد واللغـة إلا أنه بدأ بدراسة اللغة (السنسكريتيـه - Sanskrit)[1] في حوالـي عـام (1840) أي عندما بلغ الثالثـة والستين من عمره، وكان قد بدأ بالفعل في السنة السابقة أي في عـام (1839) وعندما كان عمـره اثنين وستين عاماً بدراسة اللغـة الروسية والتي أتقنها وصار يستخدمها في مراسلاته مع أصدقائه الروس بعد سنتين فقط، والحقيقة أنه من بين الأسبـاب التـــي دفعته لدراسـة الروسية كانت رغبته الملحة لقراءة وفهم أعمـال الرياضي الروسي الفذ [نيكـولاي لوباشفسكـي (1792-1856) Nikolai Lobachevsky] وحقيقة تصوره ومـا كتبه بلغته الأصليـــة عـن الهندســـة اللاإقليديـــة. كمـا تعلـم وأتقن اللغة الإنكليزية حتى أكمـل قُبيـل انتهــاء رحلـة حياته رائعة الكاتب الشهير (ادوارد كيبون - Edward Gibbon) تاريخ اضمحلال وسقوط الأمبراطورية الرومانية.

لقد كان (كاوس) من المؤمنين بخلود الروح ووجود الحساب والحياة بعد الممات والجنة والنار، كمـا آمن بوجود الله الواحد الصمد (سبحانه) والذي ليس كمثله شيء. عانى من أعراض هبوط عضلة القلب وعجزها قُبيل رحيله من هذه الدنيا وسرعان ما ودّعها عن عمر ناهز الثامنة والسبعين بقليل. طويت صفحته وفاضت روحه في اليوم الثالث والعشرين من شهر شباط (فبراير) من عام

(1) Sanskrit- تعتبر اللغة السنسكريتيه - وهي من اللغات الاندوآريه، لغة القداسة والتدين لكل من البوذية والهندوسية، وهي واحدة من (22) لغة منطوقة في الهند ومن ضمن لغاته الرسمية الأربع التي تضم بالإضافة إليها لغات التاميلي (Tamil) والتلوكو (Telugo) والكانادا (Kanada). (المترجم)

(1855) وقد حفّ به أهله وأحاط به أحبابه، أما جنازته وتشييعه إلى مثواه الأخير فقد تأخر لأيام ثلاث أفسحت المجال أمـام تلامذته ومريديه وخلانه ومحبيه من حضورها، كما حضرها العديد مـن أعيان بلدته (ومسقط رأسـه) وبسطائها، وقد أبّنه عند مثواه الأخـير صديقه العزيز وكاتب سيرته الذاتية (سارتوس فون فالترهاوزن – Sartus von Waltershausen).

أُطلـق اسمـه تخليـداً لذكـراه وتبجيلاً لمقامه على إحدى فوهـات القمر بقطر 177 كيلومتراً وقد تمت المصادقة على تلك التسمية من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين في عـام (1935)، كما أطلق اسمه على أحد المذنبات وهو [كاوسيا (1001) Gaussia]. وسميـت باسمه كذلك واحدة من صغـار القشريـات، وهـي حيـوانـات بحريـة مـن فصيلة (مجذافية الأرجـل – Copepoda)، (وهي عائلة من القشريات التي ينتمي إليها كل مـن السرطان وجراد البحر) والتي تمتاز بقابليتها على إصدار نوع من (البريق الحيوي الذاتي Bioluminescnce). أما سبب تسمية ذلك الحيوان القشري باسم عالمنا الرياضي الجليل فيعـود إلى حادثة البعثة الألمانية لاكتشاف القطب الجنوبي في الفترة (1901–1903) والتي أبحـرت على متن باخرة قطبيـة اسمها (كاوس). لم تُنشر وقائـع وحقائق المكتشفات المهمة لتلك البعثة إلا بعد ثلاثين عاماً أي في عام (1930)، فكانت بذلك خير شبيه بمذكرات كاوس نفسه والتي لم تُفصح عن مكنونات وجواهر محتوياتها إلا بعد وفاته بفترة طويلة، وبالفعل فقد احتـوت مذكرات (السفينـة القطبية – كاوس) حقائق عن اكتشـاف العديد من المخلوقات البحرية التي كانت قد اكتشفت وسجلت لأول مرة مثل (الحيوان القشري الكوبيبود) إضافة إلى الكثير من الفصائل الأخرى التي حملت ذات الاسم كذلك.

لقد حُفظ دماغ (كاوس) في الكحول وتم تشريحه بعد وفاته بفترة قصيرة كمحاولة للوقوف علـى سر عظمة ذاك الرجل، وبمجـرد وزنه ظهر بلوغه (1492 غرامـا) في حين يبلغ معدل وزن دمـاغ الرجل حوالي (1360 غراماً)، ومعدل وزن دمـاغ المرأة حوالي (1230غراما) أي أن وزن دماغـه كان أثقـل مـن المعتـاد إضافة إلى وصـف تلافيفه بأنها غايـة في التطور والتعقيـد!! إلا أن إعادة دراسة ذلك الدماغ بإسهـاب ومن خلال البحث الذي نشره علماء

وباحثو معهد (ماكس بلانك للكيمياء الحيوية الفيزيائية) في أمريكا بالتعاون مع علماء آخرين من جامعة (كوتنكن - Gottingen) في ألمانيا، أظهرت نتائج دراسات المقاطع المنظمة المجراة عليه بواسطة جهاز الرنين المقطعي المغناطيسي (Magnetic Resonance Tomography) عدم وجود أي تضاريس غير اعتيادية ولا وجود لأي أجزاء إضافية في دماغ (كاوس)، أي أن دماغه كان (طبيعيا) تماماً. أثبتت هذه الدراسة عكس الحقيقة التي أثبتتها دراسة دماغ (اينشتين) على سبيل المثال، والتي أظهرت وجود شذوذ ملحوظ في الأخدود الدماغي المعروف (بأخدود سلفيا - Sylvian Fissure) لديه، بينما كان طبيعياً تماماً في حالة (كاوس). نُشرت تلك الدراسة في دورية [مقدمات عام 1999 لجمعية أحياء ذكراه (كاوس)].

لقد خُلّد اسمه بإطلاقه على إحدى فوهات القمر وعلى بعض القشريات البحرية، كما أُطلق على وحدة كثافة الفيض المغناطيسي (The Unit of Magnetic Flux Density).

لقد كُرِّم (كاوس) كذلك بإطلاق اسمه على إحدى الدوال المستخدمة في مجالات الإحصاء والاحتمالات و(معادلات التفاضل الجزئية - Partial Differential Equations)(1) وهي (دالة كاوس للزيغ - Gauss Error Function) وبالإمكان التعبير عنها رياضياً كما يلي:

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2}\, dt.$$

وسمّيت باسمه كذلك (دالة كاوس للهندسة الفائقة - The Gauss Hypergeometric Function)(2) وهي:

$${}_pF_q(a_1, \ldots a_p; b_1, \ldots, b_q; x).$$

(1) Partial Differential Equations - هي مجموعة من المعادلات التفاضلية الحسابية التي تحتوي دالة أو دوال بعدة مجاهيل مع مشتقاتها الجزئية نسبة إلى تلك المجاهيل، وتستعمل لبناء ومن ثم لحل المسائل الحاوية على دوال بمجاهيل متعددة كالتي نصادفها في مواضيع انتشار الصوت و الحرارة والكهربائية المستقرة والمتغيرة وحركة الموائع ومسائل المرونة والمطاوعة. وقد يظهر اكتساب بعض الظواهر الفيزيائية المختلفة (لتكوينات أو) تصرفات رياضية متطابقة، تمكننا من استنتاج ديناميكية واحدة لأساس تصرفها.

(2) Supergeomety - Hypergeometry - هي عبارة عن هندسة تفاضلية لمجالات رياضية غير تقليدية مثل ما فوق الجبر النمطي (Over Graded Commutative Algebra) ورياضيات ما فوق التماثل (Supermanifolds) والتماثل الرتبي (Graded Manifoldes) وتنتمي لرزمة النظريات الكلاسيكية (Clasical) والكميمية (quantum) للمجالات غير الاعتيادية. (المترجم).

وتعـرّف هـذه الدالة بمفهوم متواليـة الهندسة الفائقة والتي تكتب كنسبـة للحدود المتوالية التالية:

$$\frac{c_{k+1}}{c_k} = \frac{P(k)}{Q(k)} = \frac{(k+\alpha_1)(k+\alpha_2)\ldots(k+\alpha_p)}{(k+b_1)(k+b_2)\ldots(k+b_q)(k+1)}\,x.$$

تُقابل الدالة $[({}_2F_1(a;b;c;x)]$ ما قيمته $p = 2$ و $q = 1$ وتعرف بـ (دالة كاوس) للهندسة الفائقة وكانت أول دالة دُرست من هذا النوع.

وهناك دالة أخرى سميت باسمه وهي (دالة كاوس – Gaussian Function) وتأخذ الشكل الرياضي التالي:

$$f(x) = a^{e-(x-b)^{2}/c^{2}}$$

وتطبق على ثوابت حقيقية من نوع $a > 0$ (أي أكبر من) صفر، b، c.

وهنـاك (توزيع كاوس – Gaussian Distribution) للمتغـير الحاوي على (معدل – Mean) يسـاوي (M) و (منـوال – Variance) هـو σ2 ويُعبّر عنـه بدالة احتمالية (Probability Function)) يمكن كتابتها رياضياً على الشكل التالي:

$$P(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}e^{-(x-\mu)^2/(2\sigma^2)}$$

(وتوزيع كاوس) هـذا هـو ما يطلـق عليـه، فـي علـــوم الإحصاء والدراسات الاجتماعية وبقيـة المواقع والعلوم أيضاً مسمـى (التوزيع الطبيعـي – Normal Distribution) أو (المنحنى الجَرَسي – Bell Curve) أي على شكل الناقوس الكبير.

وهناك أيضـاً (ثابت كاوس للجاذبيـة – Gaussian Gravitational Constant) ويساوي ($K = 0.01720209895\ A^{3/2}\ S^{-1}/2\ D^{-1}$)

حيـث يمثل A – معدل نصف قطر مدار الأرض حول الشمس و D – معدل فترة دوران الأرض حول محورها نسبة إلى الشمس و S – معدل كتلة الشمس. وإذا عجبت وأصابك الصـداع من كثرة وتعقيد ما أُلحق باسم (كاوس) مـن حـدود، فعجباً قول (كاوس) بوجود (القيمـة اللانهائيـة القابلة للقيـاس – A Measurable Infinity) وقد عبر عليها بالرقم

التالي واتخذت من اسمه عنواناً لها:

$$\Gamma = 9^{9^{9^9}}$$

وهو الرقم الحاوي على عدد مراتب يساوي

$$10^{369،693،100}$$

وهذا رقم مهول يستحيل تخيل مقداره، فهو يفوق ما يحتوي كامل كوننا المرئي من ذرات. وإذا ما طبعت مراتبه بصورة اعتيادية أفقية على شريط من الورق، لبلغ طول ذلك الشريط:

$$10^{369،693،094}$$

ميلا. حسب ما أقره الرياضي والكاتب (جوزف مداشي – Joseph Madachy)، وإذا ما كان سُمك (الحبر) المستعمل في طباعة ذلك الرقم لا يتجاوز الذرة الواحدة، فإن المادة الموجودة في (مليون) نسخة من كوننا المرئي سوف تحمل عدد ذرات دون ما تتطلبه طباعته!!... ومع ذلك فقد توصل العلماء والرياضيون – ولك أن تعجب أيما عجب – إلى تحديد المراتب العشرة الأخيرة من ذلك العملاق الرقمي الهائل باستعمال الحواسيب الضخمة فكان ؛ 1،045،865،289.

وقبل أن نودع (كاوس) ونختتم مدخله هذا (والذي لابد وأن أصاب بعضنا بالصداع والدوار!)، أجد من المناسب جداً أن أذكّركم هنا بأن العديد من عظماء الرياضيين والعلماء – إضافة إلى (كاوس) ومن أمثال [سرينيفازا رامنوجان Srinivasa Ramanujan 1887–1920][1]

و[جيمس هوب وود جينز James Hopewood Jeans (1877–1946)][2]

---

(1) رياضي هندي عصامي، وعبقري اعتمد على نفسه في تعليم نفسه، وتمكن – من دون أدنى تدريب رياضي مسبق – من ابتكار الكثير من الأفكار الرياضية في حقول التحليل الرياضي (Mathematical Analysis) ونظرية الأرقام (Numbers Theory of) والكسور المستمرة (Continued Fractions) والمتواليات اللانهائية (Infinite Series). المترجم.

(2) فيزيائي وفلكي ورياضي إنكليزي من عائلة عريقة، نال تعليماً مرموقاً في المدارس والجامعات الإنكليزية مثل كمبردج (Cambridge) وكلية ترنتي (Trinity) ودرس فيهما، وكان أستاذاً للرياضيات وقد نال لقب (فارس – Sir).(المترجم).

و[جورج كانتور (George Cantor (1845-1918][1] و[بليز باسكال (Blaise Pascal (1623-1662][2] و [جون ليتل وود- John Littlewood 1885-1977][3] - الذين آمنوا جميعاً بأن عبقريتهم ونبوغهم إنما هو نعمة مقدسة ونفحة إلهية مُعجزة، وكما سبق ذكره فإن (كاوس) نفسه كان قد أفصح غير ذات مرة بأنه وحين يتوصل إلى إثبات نظرية حسابية و/أو تأكيد موضوعات رياضية؛ بأن ذلك لم يتم أبدا جراء الجهد والتفكير والعناء، وإنما تم بسهولة تامة وانسيابية مطلقة لا يسعه إلا أن يحمد المولى (عز وجل) على منحه هذه الموهبة فهي منه وهو (سبحانه) يُحمد عليها أولا وأخيراً.

وختاماً فقد وصف (فيلكس كلن - Felix Klein) منزلةَ (كاوس) وما مثّله بالنسبة للعالم ولأساطين العلوم عبر العصور في محاضراته حول تطور العلوم الرياضية والتي ألقاها خلال الفترة (1914-1919) وجمعها (جورج ام. راسياس - Georye M. Rassias) في كتابه الرائع الموسوم (الإرث الرياضي لـ سي. اف. كاوس) بما يلي:

((لقد أُعجب كاوس كل الإعجاب باثنين (لا ثالث لهما) من أساطين الرياضيات والعلوم واتخذهما مثلا له في حياته. أما هو فقد شاركهما بتمتعه بحياته الطويلة - كما تمتعا -... والتي مكنته من تطوير ذاته وقدراته وشخصيته وإثبات إمكانياته وتوكيدها تماماً، لقد بلور (ارخميدس) شخصية الإنجازات العلمية التقليدية طوال الزمن القديم، وابتدع (نيوتن) أسس الرياضيات الحديثة التي هي عماد نهضتنا اليوم، أما (كاوس) فكان حامل شعلة مخاض وولادة مبادئ الرياضيات المستقبلية ورافع راية سيادتها)).

---

(1) رياضي ألماني ولد في روسيا. أشهر ما عرف به هو ابتكاره (لنظرية المجموعات - Set Theory) والتي أصبحت من أساسيات علوم الرياضيات، بيّن أهمية العناصر ضمن المجموعات وعرّف (اللانهاية - Infinity) والمجاميع جيدة التنظيم (Well - Ordered Sets) وأثبت أن (الأعداد الحقيقية - Real Numbers) تفوق (الأعداد الطبعية - Natural Numbers) -عدداً- (المترجم)..

(2) رياضي وفيزيائي وفيلسوف لاهوتي فرنسي، ولد طفلا موهوباً ولد العديد من المساهمات العلمية كبناء الحواسيب الميكانيكية. درس الموائع، ووضح مفاهيم (الضغط - Pressure) و(الفراغ - Vacum). وكتب ودافع عن الأسلوب العلمي في البحث. (المترجم).

(3) رياضي بريطاني ولد في مدينة (كنت - Kent) ودرس في لندن وعُرف بمساهماته في (النظرية المثالية - Ideal Theory). كان عضواً في الجمعية الملكية وأستاذا للرياضيات في (كمبردج). (المترجم).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Bell, E. T., *Men of Mathematics: The Lives and Achievements of the Great Mathematicians from Zeno to Poincaré* (New York, Touchstone, reissue edition, 1986).

Bühler, W. K., *Gauss, a Biographical Study* (New York: Springer, 2005).

Dunnington, G. Waldo, *Carl Frederich Gauss: Titan of Science* (New York: Hafner Publishing, 1955; reprint edition, Washington, D.C.: Mathematical Association of America, 2004).

Dunnington, G. Waldo, "The Sesquicentennial of the Birth of Gauss," *Scientific Monthly*, 24: 402-414, May 1927; see www.mathsong.com/cfgauss/Dunnington/1927/.

du Sautoy, Marcus, *The Music of the Primes: Searching to Solve the Greatest Mystery in Mathematics* (New York: Harper Perennial, 2004).

Hall, Tord, *Carl Friedrich Gauss* (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1970).

Hayes, Brian, "Gauss's Day of Reckoning," *American Scientist*, 94(3), 200, May/June 2006; see www.americanscientist.org/template/AssetDetail/assetid/50686.

Madachy, Joseph S. *Madachy's Mathematical Recreations* (New York: Dover, 1979)

May, Kenneth O., "Carl Gauss," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970)

Newman, James R. (ed.) *The World of Mathematics* (New York: Simon and Schuster, 1956)

Rassias, George M., *The Mathematical Heritage of C. F. Gauss* (River Edge, N.J.: World Scientific, 1991).

Samuels, David, "Knit Theory," *Discover Magazine*, 27(3): 41–42, March 2006.

Tent, M. B. W., *Prince of Mathematics: Carl Friedrich Gauss* (Wellesley, Mass.: A. K. Peters, Ltd., 2006).

von Waltershausen, Sartorius, *Gauss zum Gedächtniss* (Leipzig, 1856).

Wilson, Curtis, "Carl Friedrich Gauss," in *Landmark Writings in Western Mathematics 1640–1940*, Ivor Grattan-Guinness, editor (Amsterdam: Elsevier, 2005)

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• يسألني الناس وطلابي أينما حللت: أستبلغ غايتك النهائية من حب الفيزياء وعشقها باكتشافك لقوانينها النهائية؟ فأجيبهم فوراً (كلا أبداً!!)، إن كل همي كإنسان أولا وفيزيائي ثانياً أن أحاول معرفة المزيد عن هذا العالم الثر الجميل الذي أعيش فيه. ولكن إن كان هناك قوانين نهائية بإمكانها تفسير كافة ظواهره (وعجائبه) وبأسلوب مقنع، سأتمكن من اكتشافها في طريقي إلى هدفي ذاك، فليكن!... إن ذلك سيكون – وبلاشك – شيئاً جميلاً ومدعاة لسعادتي. ولكن... إن ظهر إلينا – وبعد أن أعيانا بحثنا وتمحيصنا وكافة جهودنا التي بذلناها لاكتشاف قوانين الكون، بأنها عبارة عن الملايين من (أوراق البصل)

المتطابقة على بعضها وكلما فتحنا لغز طبقه ظهرت لنا أخرى، وهكذا إلى مالا نهاية... حينها لن يكون لي حاجة (بالقانون النهائي)... وسيتصرف الكون على سجيته... وليكن له ما يريد...

فينمن

Richard Feynman, (The Pleasure of Finding Things Out, The Best Short Works of Richard P. Feynman).

مقتبسة من كتابه - (مُتعة اكتشاف الأشياء: خيروأقصر أعمال فينمن)

• لاشك أن فكرة إيجاد مجموعة القوانين النهائية السرمدية التي ستحكم كافة عظائم أمور الكون ودقائقها ستكون لا فكرة جليلة فحسب، وإنما إنجازاً مدهشاً مذهلاً خلاباً كذلك...

ولكن أستتمكن بذلك حقاً من التملص من سطوة الفلسفة وقبضة الأديان؟؟

لقد توصل الفلاسفة وبعد كثير تفكير وعميق تمحيص إلى الجدل المنطقي الذي مفاده بأننا سوف نستطيع دائماً - وبتقدم العلوم والتكنولوجيا - التحقق من صدق تنبؤات وتوقعات القوانين الفيزيائية للطبيعة وسنتأكد من صدقها في ذلك أو تناقضها معها وفشلها، ولكننا بالمقابل - يقول المنطق - لن نتمكن أبداً من إثبات واقع جوهر أي قانون سابق أو لاحق بأنه سيكون صائباً وعلى حق دائماً وأبداً. وبناء على ذلك إذا رسُخ في أذهاننا أنه في استطاعتنا أن نتوصل إلى مثل تلك الرزمة من القوانين السرمدية المطلقة كاملة الصحة، فإننا والحالة هذه سنكون قد اختططنا لأنفسنا طريقاً مسدوداً سلكناه مناقضاً تمام التناقض مع حُجة المنطق وقوة الدليل... وسيستحيل علينا إثبات وجوده فضلا على صحته.

سمولن

Lee Smolin, (Never Say Always), New Scientist September 23, 2006

مقتطف من مقالة له بعنوان: (لا تقل دائماً أبداً)، نشرت في مجلة (نيوسينتست).

• لكل شيء ظاهر وباطن[1] وظاهر الفيزياء وما نراه منها جميل خلاب آسر، فهو يُفسِّر لنا كيف نبني طائراتنا

(1) تقول أقدم أسطورة سومرية مكتوبة على الرقم الطينية بالكتابة المسمارية بأن الإله (سبحانه وتعالى) كان قد صنع البشر - أولا من صلصال على شكل جرار لماعة جميلة... ولما ترك الجرار لتجف جاءت الوحوش والأشرار فعجبت لذلك الخلق وحسدته فعملت على تشويه خارجه الأملس الناصع اللماع ببراثنها، ولكنها خافت أشد الخوف لما جاء الإله ليرى بديع صنعه فقلبتها جميعا باطنها ظاهرها لتخفي القبح والتشوه الذي أحدثته فيها، وهكذا كان الإنسان. (المترجم - كاستعارة مجازية -).

وكيف نفرح حين تدور كرة القدم إهليجياً لتستقر في زاوية الهدف (القاتلة) في مباراة مهمة، كما وتُفسر لنا رشاقة الإلكترونات في دورانها ورقصها حول نواتها وتُبيّن لنا طبيعة قفزاتها المنتظمة من وإلى مداراتها المعلومة باعثة لنا بألوان طيف الضياء.... ولكن لا أظنني قابلت أقبح ولا أمكر ولا أصعب من تفاصيل ودقائق بواطنها، فلِمَ علينا فيها أن نتخلى عن مفهومنا (الإقليدي) التقليدي ونحاول فهم (حقيقة) أن (4 # 3 + 1)، أو لِمَ لابد علينا أن نحسب وزن (الكوارك الأعلى - Top Quark)[1] بما يقارب الـ (40) ضعفاً لوزن أخيه التوأم (الكوارك الأسفل - The Bottom Quark)....؟

جونسن

George Johnson. (Why Fundemental Physics So Messy?) WIRED magzine. Feberuary. 2007

من مقالته الجميلة - لم على الفيزياء الأساسية أن تكون بهذه الفوضى - عن مجلة ويرد.

(1) Quark – هو جسيم ابتدائي يعتقد بتكوينه للمادة ككل. تتحد الكواركات لتكوين جسيمات ما دون ذرية أعقد قليلاً تسمى (بالهادرونات Hadrons) وأكثر أنواعها استقرارا هي البروتونات والنيوترونات اللتان تكونان نواة الذرات، واستنادا إلى ظاهرة تعرف باسم (الالتزام بالألوان – Color Confinment) لا يمكن للكواركات أن تتواجد منفصلة وإنما على شكل هادرونات. ويوجد منها ستة أنواع أو (نكهات – Flavors): أعلى(Up) وأسفل (down) و الساحر (Charm) و الغريب (Strange) و الفوق (Top) و تحت (Bottom). أبسطها وأخفها هما (الأعلى والأسفل) وتتحلل الأنواع الأربعة البقية الأثقل ليتحولوا إليها بطريقة تسمى (بتحلل الجسيمات – Particle Decay). أول من ابتكر نموذج الكواركات في الفيزياء بصورة مستقلة كانا (ميوري جل – مان – Mann– Mury Gell) و (جورج زويك – George Zweig) وذلك في عام (1964). (المترجم).

قانون بويسيل لجريان السوائل

POISEUILLE'S LAW OF FLUID FLOW

فرنسا، 1840

يعتمد معدل سرعة جريان أي سائل خلال أي أنبوب على لزوجته وعلى نصف قطر الأنبوب الناقل له وعلى أي تغيير في ضغطه أثناء مساره داخله. من الناحية العملية يتناسب معدل سرعة جريان أي سائل (1) طرديا مع فرق الضغط الحادث بين نهايتي أنبوبه الناقل، و (2) طرديا مع الأس الرابع لنصف قطره الداخلي، و (3) عكسيا مع طول الأنبوب ولزوجة السائل.

محاور ذوات علاقة:

كوثلف هاكن (GOTTHILF HAGEN)، وفلبر فورس (WILBER FORCE)، وقانون هاكن – بويسيل (HAGEN–POISEUILLE LAW).

من أحداث عام 1840

– أكمل الرحالة الشهير ومتسلق الجبال الأمريكي المعروف (شارل ولكيز – Charles Wilkes) ملاحته حول القارة المتجمدة الجنوبية، ضاماً إياها إلى ممتلكات الولايات المتحدة الأمريكية بإكماله لتسلق ما يعرف اليوم بالأراضي التي تحمل اسمه.

– اعتُبرت رحلة (ولكيز) تلك آخر المهام العسكرية البحرية التي نجحت في مخر عباب البحار حول العالم.

– ولد في هذا العام المؤلف الموسيقي العظيم والمايسترو الشهير (بيتر تشايكوفسكي – Peter Tchaikovsky).

– بدأ تدشين طلائع عربات مطاعم السكك الحديدية المؤثثة حديثاً في الولايات المتحدة الأمريكية.

نص القانون وشرحه:

يوفر (قانون بويسيل) معادلة رياضية رشيقة ودقيقة لربط علاقة معدل سرعة جريان أي سائل خلال أنبوب بقطره وبمقدار لزوجة السائل وبتغيره خلاله، وكما يلي:

$$Q = \frac{\pi r^4}{8\mu}\frac{\Delta P}{L}$$

حيث تمثل Q– معدل سرعة جريان السائل خلال الأنبوب و r – نصف قطر الأنبوب الداخلي و P Δ – مقدار فرق ضغط السائل بين نهايتي الأنبوب و L – طول الأنبوب و µ – مقدار لزوجة السائل

يُطلق على هذا القانون اسم (قانون بويسيل) نسبة لعالم وظائف الأعضاء – Physiologist– الفرنسي [جين لوي ماري بويسيل (1799–1869) Jean Louis Marie Poiseuille].

كما يسمى أيضاً (بقانون هاكن – بويسيل) تقديراً للعالم الفيزيائي والمهندس الألماني [كوثلف هنريخ لودفك هاكن (1797–1884) Gotthilf Heinrich Ludwig Hagen] لوصوله إلى ذات الحقائق بخصوص العلاقة السابقة في عام (1839).

قبل انضواء أي سائل أو أنبوب تحت لواء القانون آنف الذكر والذي اشتقه (بويسيل) في عام (1838) ونشره بعد سنتين (1840)، علينا الأخذ بعين الاعتبار العديد من الفرضيات والشروط التي لابد وأن تتوفر في كل من السائل والأنبوب الناقل له، وهي: على السائل أن يكون (طبقيا – Laminar) في انسيابيته (بمعنى أن يكون هادئاً وبدون أي دوامات) وألا يكون قابلاً للانضغاط (بمعنى ألا تتأثر كثافته – زيادة أو نقصاناً – بتغيُّر الضغط المُسلَّط عليه داخل أنبوبه)، كما ولابد أن يكون مستقراً نسبياً (بمعنى أن سرعة جريانه – في أية نقطة على مساره – تكون مساوية لسرعة جريانه في أية نقطة أخرى)، كما ويفترض بالأنبوب الناقل أن يكون متجانساً تماماً في داخله ومتساوياً في مساحة مقطعة على طوله.

إن لهذا القانون تطبيقات طبية حيوية كثيرة وبالأخص تأثيره على خاصية وكمية جريان سائل الدم في الأوعية الدموية في أنحاء الجسم المختلفة. لاحظ إن للحد المعبر عنه برمز (r) مرفوعاً إلى القوة الرابعة –وهو مقدار نصف قطر الأنبوب مرفوعاً للقوة الرابعة – أهمية قصوى على مدى جريان السائل وكميته Q...

وعليـه فـإن في مضاعفة قطر أنبوب ما فإن كمية السائل المار خلاله (r^4) ستتضاعف ست عشرة مرة!!.

2 (مرفوعة إلى الأس الرابع) 16 = 2×2×2×2

بمعنى عملي آخر فإننا وبمجرد مضاعفة قُطُر خرطوم مياه اعتيادي فإننا سنجنب أنفسنا عناء شـراء (16) أنبوباً آخر مثله إذا مـا أردنا تجهيز نفس الزيادة في مقدار كمية الماء المنقولة خلاله ضمن ذات وحدة الزمن، أما من وجهة النظر الطبية التشخيصية والعلاجية وحتى الاحترازية فـإن لقانون (**بويسـيل**) هذا أهميـة استثنائية حيث بالإمكان استخدامـه لبيان مدى الخطورة القاتلـة التي يمكـن أن تسببها حالة (تصلب الشرايـين – Atherosclerosis)، وهي حالة طبية تعرّف ببساطة بأنها ظاهرة وجود بعض الترسبات في بطانة الشرايين نتيجة تقادم العمر والشيخوخة أو الإصابة ببعض الأمراض كارتفاع مناسيب الدهون والكولسيترول في الدم[1] – فلو تصورنا وعـاءً دمويـاً تاجياً (الأوعيـة الدمويـة التاجيـة – Coronaries – مسؤولة عن تجهيز الدم للعضلـة القلبية حصراً) مصاباً بهذا المرض وقد نقص قطره الداخلي إلى نصف ما كان عليه قبل الإصابة وحسب، فإن قابليته على تجهيز وتوريد الدم لذلك الجزء من العضلة القلبية المسؤول هو عن ترويته سيقل بمقدار (16) مرة!! وبنفس الطريقة يُفسر قانون (**بويسيل**) سبـب سهولة ارتشاف أي عصير أو مشـروب بواسطة (قشة) أوسع قليـلاً مقارنة (بالقشة) الاعتيادية النحيفة، فعند محاولة الارتشاف من كأس عصير مثلا وبنفس مقدار الجهد وخلال ذات الوقـت، فسيصل إلى فمك (16) ضعفا من كمية السائل إذا استعملت قشة قطرها أكبر بمرة إضافية واحدة فقط عن القشة السابقة!!

وبالاستنـاد إلى قانون (**بويسـيل**) كذلك يمكننـا تفسير وفهم كفاءة الجسـم البشري الهائلة في تنظيـم نسبـة وكميات جريان الدم بين عضـو وآخر. خذ على سبيل المثـال تعرضك إلى إحـدى حالات (الكر أو الفر) والتي يُطلق عليها طبياً وفزيولوجياً باللغة الإنكليزية مصطلح

(1) أو بنتيجة بعض العادات السيئة كتناول الكحول والأطعمة الدسمة والزيوت المشبعة والتدخين. (المترجم).

(Fight or Flight) مثـل رؤيــة حيوان مفترس، عليك الهرب مــن أمامه، أو تعرضك إلى حالــة اعتداء جســدي تُجبرك على التصدي والمقاومة، أو انتظــارك خارج صالة الامتحانات الشفوية النهائية، ففي جميع تلك الحالات يُجبَر الجسم البشري (وحتى أجسام جميع اللبائن وكثير مــن الأحياء الأخرى) على إعادة توزيع الرصيد الدمــوي المحدود في الجسم وتوجيه جُلّه إلى الأماكن التي لها التأثير المباشر على ديمومة البقاء - لحاجتها المباشرة إلى زيادة تجهيزها بالأوكسجين والغذاء. وبإعادة النظر إلى قانون **(بويســيل)** والتمعن جيداً بالحد (r^4 - نصف قطــر الوعاء الدمــوي مرفوعاً للقوة الرابعــة) وتناسبه طرديا مع كمية الــدم التي يجلبها لأي عضــو محتاج لها، تبرز لنا أهميــة ذلك القانون وأثره البين في عمليــة تقلص وانبساط (بمعنى ضيق وتوسع) الأوعية الدموية وأثرها على كمية الدم المُجهّز. ولهذه العملية أهمية بالغة أيضاً في تنظيم درجة حرلــرة لُبّ الجسم (بمعنى دواخله وأحشائه المهمة كالقلب والدماغ)، رغم تفــاوت و/أو تقلب درجــات حرارة المحيط، ففي أيام الشتاء البــاردة يعمل جهازنا العصبي علــى إعطاء الايعــازات اللازمة - وفرز المواد الكيمياوية الضروريــة والهرمونات - لتقليص أقطار الأوعية الدموية التي تُجهز المناطق الطرفية من الجسم (كالأطراف والجلد) وبذلك يُقلل من كميات الدم (البــاردة) الراجعة منها إلى (لُبّ) الجسم وبذلك يحفظ حرارته.بمنع تعرض الأعضاء الأكثر أهمية كالقلب والدماغ مثلا إلى هبوط خطير في درجات حرارتها، يؤثر على فعالياتها وبذلــك يتعرض كامل كيان الإنسان للخطر. إن للمفعــول المضيّق لأقطار الأوعية الدموية التأثير المباشر للشعور بالحرارة العالية لدى استخدام عقار (MDMA)[1] والمســوق تجاريــا تحــت اسم (اكستاسي - Ecstasy). ينطبق على قانون (بويسيل) ما ينطبق على كثير مــن قوانــين هذا الكتاب من شروط محددة وظروف معلومة واجبــة التوفر قبل تطبيقه ضماناً

(1) ADMA- 4،3 ميثلــين داي أوكســي مــث امفيتامين (C11 H15 NO2) وقد يسمى بــ(ن،ن- ثاني مثيل آرجنين) وهو أحــد العقارات المؤثرة على الشخصية والنفسية من عائلة المواد المنشطة (الامفيتامينات - Amphetamines) والمسببة لأعراض انفعالية شعورية واجتماعية وبعض أعراض الهلوسة مع أعراض تغيير الإدراك الذهني للمؤثرات. كما أن له بعض التأثيرات الإيجابية مثل إزالة الرهبة والتردد والخجل والقلق والرهاب، الأمر الذي استُدعي التفكير باستعماله كمادة دوائية مفردة أو مع عقارات نفسية أخرى لعلاج حالات الكآبة المفرطة والقلق الناشئة عن الضغط النفسي الشديد. وهي مادة محظورة. (المترجم).

لصحة تنبؤاته ولصواب نتائج افتراضاته، وعليه فإن دقة هذا القانون عند تطبيقه على التصرف الحيوي الفزيولوجي لأوعية جسم الإنسان الدموية لابد وألا تكون بالدقة التي نفترضها فيه وخصوصاً عندما لا تنطبق الشروط اللازم توفرها – كما أسلفنا – لضمان دقته. ففي جسم الإنسان لا يمكن أن يكون مجرى الدم في أوعيته انسيابيا منتظما أو كما يطلق عليه بالجريان (الطبقي – Laminar) – ويعرف جريان السائل (الطبقي) بأنه خال من الدوامات و/أو الفقاعات أو امتزاج سوائل أخرى معه بكثافات مختلفة – ويعود سبب عدم اعتبار سريان الدم في أوعيته انسيابيا طبقيا منتظما إلى فعل القلب وتقلصاته المتقطعة والتي تجعل الدم يتدفق بصورة (نَبَضية) فيها من شدة الضغط وانخفاضه وزيادة كمية الدفق وانخفاضها الشيء الكثير الأمر الذي يساعد على تكوين (الدوامات) وعلى الأخص في شرايين الجسم العظيمة (كالابهر – Aorta) حيث تبلغ سرعة الدم فيها مناسيب عالية جداً. وينطبق ذات القول على دراسة المجاري الهوائية الموصلة إلى الرئتين، فعلى الباحثين والدارسين هنا تذكُر حقيقة أن أصل اشتقاق قانون (بويسيل) وعمله تعتمد أصلا على وجود أوعية وأنابيب (صلبة) غير قابلة للانضغاط من جهة، وضرورة كون بطاناتها ملساء منتظمة من جهة ثانية، مع وجوب انعدام تكون الدوامات داخلها وعدم تفرعها... وتفتقر الرئة وكافة قُصيباتها الهوائية وأوعيتها الدموية لكافة تلك الشروط كما هو معلوم. ولكن رغم ذلك فإن لذلك القانون أهمية بالغة في التطبيقات السابقة للكثير من التصاميم التجريبية الحيوية (الحقيقية) والتي يتوقع العلماء والباحثين مواجهتها بالفعل في سبرهم لغور علوم الفيزيولوجيا ووظائف الأعضاء لفهم أفضل لفعالياتها ومن ثم إمكانيتهم لفهم أفضل لتصرفها خلال الحالات المرضية. وعلى كل حال فإن هناك الكثير من التعديلات والمعاملات التي يمكن إضافتها إلى صلب المعادلة للحصول على نتائج أقرب للواقع ولجعل القانون أكثر مطاوعة لتقلبات الحالات (اللامثالية).

يمكن استخدام قانون (بويسيل) عمليا في تحديد مقدار (لزوجة Viscosity) سائل مجهول عند تطبيقه حرفيا، وذلك بإيجاد مقدار وكمية السائل التي يمكن لأنبوب زجاجي ضيق نقلها، ويعبر عنها بالقيمة Q – وتقاس بوحدة السنتيمتر المكعب/دقيقة – وذلك لعدة قيم

مختلفة لفرق الضغط المسلط على نهايتيه ΔP – ويمكن تطبيق ذلك عمليا – ومن ثم بإمكانهم رسم منحنى قيمتي $\Delta P/L$ مع قيمة Q– وللتذكير فإن (L) هو طول ذلك الأنبوب –كنقاط على مستوى بياني اعتيادي بقيم سينية (س) وصادية (ص) للمحورين الأفقي والعمودي على التوالي، ومن ثم إيصال تلك النقاط ببعضها للحصول على مستقيم يمكن حساب ميله (Slop) والذي سيُعيّن مقدار لزوجة السائل المجهول (ورمزها μ) حسب القانون المذكور.

ومن الجدير بالذكر هنا تمكن الأستاذ [ليونيل روبرت ولبرفورس **Lionel Robert** Wilber Force (1861 -1944] وهو مدرس علوم الفيزياء في جامعة (لفربول – Liverpool) الإنكليزية في عام (1891) من إدخال التعديلات اللازمة على قانون (بويسيل بحيث صار بالإمكان استعماله لدراسة السوائل الحاوية على (دوامات) في مساراتها.

وللقانون تطبيقات متفاوتة متشعبة، سأكتفي بذكر أحدها وهو الأثير على قلبي – وهو بتقييم جودة ونوعية إفرازات مادة (الرسين – Resin)[1] من الجروح المحدثة في أشجار الأرز العملاقة وذلك عن طريق دراسة كثافتها كما في البحث الموسوم (استعمال قانون – بويسيل – لتقييم نوعية وإنتاج (رسين) أشجار أرز منطقة سلاش – Slash Pine Trees)[2].

قام العلماء في ذلك البحث بتقدير لزوجة إفرازات (12) نوع من تلك الأشجار، ومقارنتها بحساب أقطار شعيرات أغصانها الناقلة وتمكنوا من تعيين الأشجار التي تنتج أفضل الأنواع وأغزرها أملاً في إمكانية تكثيرها واستعمال بذورها وفسائلها لزراعة غابات جديدة ذوات مردود اقتصادي وتجاري أوفر.

وللقانون كذلك أهمية بالغة عند تصميم شبكات ري المزروعات والأراضي الشاسعة،

(1) Resin او Oleoresin – مادة هيدروكربونية لزجة صافية تفرزها العديد من النباتات وخاصة الأشجار العملاقة وأشجار الأرز والصنوبر ولها قيمة صناعية وتجارية بالنظر لخصائصها ومكوناتها الكيميائية فهي تستعمل كمادة أولية لصناعة المواد الملمعة للأخشاب (الوارنيش Varnish –) والغراء ولصناعة العطور، يتحول الرسين إلى مادة العنبر الصلب عند تحجره ويستعمل في صناعة طلاء الأظافر. (المترجم).

(2) Slash Pine Trees– وهي غابات نوع الأشجار الموجود في جنوب شرق الولايات المتحدة الأمريكية – على الأخص غاباتها في جنوب ولاية (كرولاينا الجنوبية South Carolina) وتمتاز بطولها (30 – 18 مترا) وبأوراقها الإبرية. المترجم.

وذلك لأن باستطالة الأنابيب زيادةً في مقاومتها تنعكس سلبا على كمية الماء المجهزة للمناطق البعيـدة الأمر الذي يستوجب استخدام مضخات أضخم، كما ويُستعمل في تصميم وإنشاء شبكات الماء الصالح للشرب في المدن الكبيرة لسد احتياجاتها (عن طريق استعمال الأنابيب ذوات الأقطار المناسبة).

وأخيراً – ولكي لا نُتّهم من قبل الأطباء بالانحياز التام للفيزياء الصرفة – علينا أن نلوم (قانون بريسيل) للألم والمشاكل التي يسببها احتباس البول أو ضعف مجراه في الإحليل (الواصل ما بين المثانة والفتحة البولية الخارجية) لدى الذكور، بسبب أي تضخم بسيط في غدة (البروستات) التي تحيط به عند منشأة قرب المثانة والتي تضغط عليه ليقل قُطره ولو بنسبة ضئيلة فقط.

للفضوليين فقط:

• هنـاك تطبيق طبي جراحي، ومنقذ أكيد لحيـاة الكثيرين من المصابين بتصلب الشرايين التاجيـة يعتمد على مبدأ تناسب زيادة جريان كميـات الدم الواردة إلى جانب العضلة القلبية المقفـرة (Eschemic) قبل احتشائهـا (Infarcted) بست عشرة مرة إذا ما أمكن توسيع ذلك الشريان لضعف قطره فقط. هذا التطبيق اللامع والملفت لقانون (بويسل) أمكن استعمال البالونـات الملحقة بالمسابر القلبية لتوسيع شرايينها التاجية المتضيقة، وإنقاذ حياة المصابين بها عند الضرورة، (أو من الأفضل قطعاً قبل حدوث مثل تلك الضرورة).

أقوال مأثورة:

– خير ما يُربط به اسم (بويسيل) هو مسيرته جنباً إلى جنب مع كافة علوم وظائف الأعضاء المختصة بدراسة دوران الدم في شرايينها.

بيدرسن

Kurt Pedersen، (Jean Poiseuille)، in Dictionary of Scientific Biography.

من مدخل (بويسلي) في (معجم سير العلماء الذاتية).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولد الفيزيائي وعالم وظائف الأعضاء الفرنسي [جين بويسيل Jean Poiseuille 1797-1869] والذي اشتُهر بتجاربه وأعماله حول جريان السوائل، في مدينة باريس الفرنسية. أختلف المؤرخون في تحديد تاريخ ميلاده... فهو في عام (1797) حسب بعض المصادر الفرنسية و(معجم سير العلماء الذاتية)، وهو عام (1799) حسب الموسوعة البريطانية. كان والده نجاراً، وأحب هو الدراسة والتفكير والتحصيل العلميين، فقدم طلبه إلى مدرسة (البولي تكنيك العليا) في باريس والتحق بها في عام (1815) واختص في دراسته فيها بموضوعي الفيزياء والرياضيات حتى تخرج منها حائزاً على شهادة الدكتوراه في العلوم بعد ثمان سنوات، أي في عام (1828).

قدّم أطروحته المعنونة (Recberchesur la Force du Coeur Aortique) - (أبحاث حول قوة دفع الدم من قبل الشريان الأبهر المرتبط بالقلب)، وقد بين في عمله ذاك علاقة شهيق الرئة بانخفاض ضغط الدم وزفيرها بارتفاعه. علق (ثوماس سودرفيز - Thomas Soderqvist) على تلك الأطروحة في مقالة نشرتها له دورية (الجديد في العلوم والتكنولوجيا)، قائلاً:

> **((لقد صمم (بويسيل) ونفذ آلة فريدة لقياس ضغط الدم الشرياني البشري، وقام بواسطتها بالعديد من التجارب، والتي وصفها الكثير من المراقبين المحايدين والمعاصرين له بأنها (تمتاز بدقة عالية ومصداقية كبيرة، وبإمكان أرقامها ونتائجها الإفصاح عن نفسها حتى لمن ليس له إلمام ضليع بالرياضيات). بقي أن نذكر أن ما توصل هو إليه واستنتجه من تجاربه الكثيرة العديدة كان بعيداً كل البعد عن تصوراته الذاتية وتوقعاته المسبقة، حين وجد أن معدل الضغط الدموي في كل الشرايين الجسم ومهما بعدت عن القلب يكون متشابهاً ومتساوياً تقريباً. وتعكس هذه الحقيقة تساوي القوة التي يضخ القلب الدم خلالها إلى كافة أنحاء الجسم)).**

لقد قام (بويسيل) كذلك بكتابة ونشر العديد من الأوراق العلمية والبحوث القيمة مثل:

- بحث حول منشأ وطبيعة حركة الدم في الأوردة، في عام (1832).

- بحث حول منشأ وطبيعة حركة الدم في الأوعية الشعرية الدموية، في عام (1839).
- بحث حول حركة السوائل في الأنابيب صغيرة الأقطار، في عام (1840).

ولعل أشهر أعماله – وبشهادة الجميع – كانت مُنصبّة على دراسة طبيعة جريان الدم خلال الأوعية والأنابيب الدقيقة، هذا وقد انتخب في عام (1860) عضواً في (أكاديمية العلوم الطبية) في باريس، وفي عام (1860) مفتشاً عاماً للمدارس الابتدائية فيها.

وملخص ما سبق فإن (بويسيل) كان قد تمكن في عام (1838) من اشتقاق القانون المعروف اليوم باسمه عن طريق إجراء العديد من التجارب التي تمكن من نشرها ببحوث مرموقة في عام (1840). ويوفر لنا ذلك القانون العلاقة الرياضية التي تربط معدل مقدار جريان أي سائل (Q) في أنبوب مع درجة لزوجته والقطر الداخلي للأنبوب ومقدار تغير الضغط داخله. وللقانون كذلك العديد من التطبيقات في مجالات العلوم الطبية وعلوم الري.

عمل عالمنا الجليل كذلك على تطوير الأساليب التي كانت متوفرة في زمانه لقياس ضغط الدم عن طريق استعماله (لمضغاط الدم)،– ولكن بغير الصورة التي نعرفها اليوم – كما تمكن من التوصل إلى استعمال مادة (كربونات البوتاسيوم K_2CO_3) كمادة مثبطة للتجلط (أو تخثر الدم) والذي كان كثيرا ما يحدث عند مناطق غرز بعض الأنابيب الزجاجية في الشرايين الطرفية، (وتلك كانت أول طرقه للتعرف على ضغط الدم).

لقد فُتن صاحبنا كل الافتتان بالقوة التي يسلطها القلب على الدم دافعاً إياه خلال الأوعية الدموية وعاملاً على دورانه وتوصيله إلى كل أجزاء الجسم وثناياه، ولما كانت هناك صعوبات جمة تحيط بكل التجارب التي يمكن إجراؤها على الدم كسائل خارج الجسم البشري (بالنظر لميله الشديد للتجلط والتخثر)، فلقد قرر (بويسيل) الاستعاضة عن الأوعية الدموية الحقيقية بإجراء تجاربه بواسطة الأنابيب الزجاجية، والاستعاضة عن الدم بالماء فيها. ولغرض تسليط (الضغط) الضروري الدافع لجريان الماء خلال تلك الأنابيب عمد إلى استخدام الهواء المضغوط للحصول على كميات الماء المطلوبة.... فاكتشف (بعد إجراء العديد من التجارب، قام خلالها بتغيير أقطار الأنابيب المستخدمة وبتعديل الضغوط المسلطة عليها) حقائق جوهرية تخص

مواصفات جريان السوائل وكمياتها خلال تلك الأنابيب،... منها تناسب كمية السائل المار خلال أي أنبوب طرديا مع الضغط المسلط عليه داخله ومع القوة الرابعة لتغير نصف قطره. ولكن القانون الذي نشره (بويسيل) في عام (1840) لم يحدد قيمة ولا طبيعة الثابت الموجود في معادلته وهو [$\pi/8\mu$] وإنما اكتفى باعتباره ثابتاً لتلك المعادلة ليس إلا.

ومن جهة ثانية كان (بويسيل) قد قام بسلسلة مختلفة أخرى من التجارب توصل من خلالها إلى إثبات اعتماد الكمية المتدفقة من السائل [Q] على درجة حرارته وتناسبها طرديا معها إذا اعتبرنا ثبوت بقية العوامل المؤثرة عليها كضغط السائل ولزوجته وطول أنبوبه.

أبرز (لويس اي. بلو مفيلد – Louis A. Bloomfield) مؤلف كتاب (كيف تعمل الأشياء – فيزياء حياتنا اليومية) أهمية ما توصل إليه (بويسيل) وغرابة الحقيقة الرياضية الواقعة التي اكتشفها حينما قال:

((لا يُعقل أن يكون أحد منا في غفلة عن العوامل المختلفة التي تؤثر على سرعة جريان السوائل في الخراطيم ولا على تأثير لزوجتها عليها، فمن منا لم يلاحظ تأثير فرق الضغط وطول الخرطوم وكثافة السائل عليها؟ فها أنت تنتظر طويلاً لتملأ دلوك عبر خرطوم طويل أو مجرى ماء ضعيف، ومن منا لم يلاحظ بطء تفريغ (العسل مثلا) من فتحة قنينة ضيقة. ولكن العجيب غير المتوقع كان في اعتماد معدل الجريان على القوة الرابعة لنصف قطر ذلك الخرطوم، وهذا ما يستوجب احترام طريقة تفكير (بويسيل) وتقدير دقته في إجراء تجاربه)).

أوضح (بلومفيلد – Bloomfield) بأن أكثر المقاييس شيوعاً في سوق خراطيم مياه الحدائق في الولايات المتحدة الأمريكية هما قياسا (الـ 5/8 انج) و (الـ 3/4انج) ورغم حقيقة كون الفرق بينهما لا يتعدى ($6/8-5/8 = 1/8$ من الانج) إلا أن لأعرضهما قابلية توصيل ضعف الكمية من الماء تقريبا في خلال نفس الفترة الزمنية.

لقد تمكن عالم ومهندس ضغوط السوائل الألماني (كوثلف هنريخ لودوك هاكن – Gotthilf Heinvich Ludwig Hagan (1747–1884] من التوصل إلى نفس القانون السابق الذي توصل إلى اكتشافه (بُويسيل) ولكن عمله لم يكن منظماً ولم ينل التقدير الذي يستحقه

في حينه، هذا ولم يكن لأي من الرجلين علماً بعمل ودراسات الرجل الآخر أبداً.

لم يُطلق (بويسيل) اسمه على قانونه بنفسه وإنما من قام بذلك كان أستاذ الرياضيات والفيزياء السويسري من جامعة (بال –Basel) – (جاكوب هاكنباخ – Jacob Hagenbach)[1] في عام (1860). وقد تمكن هو وعالم الفيزياء الألماني [فرانز نيومن – Franz Newmann (1798–1895)] من تعيين القيمة الفعلية لثابت معادلة (بويسيل ($\pi/(8\mu$) كل على حدة والتي هي قيد الاستعمال في تجارب وأعمال السوائل اليوم.

اعترافاً من علماء كيمياء الوقت الحاضر وفيزيائييهم بفضل (بويسيل) وألمعيته، فقد تم الاتفاق على إطلاق اسم هذا العالم الجليل على وحدة قياس مقدار لزوجة السوائل فصارت تقاس بوحدة (البويس – Poise) وتُعرّف بأنها مقدار المقاومة الذاتية لأي سائل لانسيابيته تحت أي ظرف.

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Bloomfield, Louis A., *How Things Work: The Physics of Everyday Life* (Hoboken, N.J : John Wiley & Sons, 2006).

Pedersen, Kurt. "Jean Poiseuille." in *Dictionary of Scientific Biography*. Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Schopmeyer, C. S., François Mergen, and Thomas C. Evans. "Applicability of Poiseuille's Law to Exudation of Oleoresin from Wounds on Slash Pine." *Plant Physiology*, 29(1): 82, 1954.

Soderqvist, Thomas. *The Historiography of Contemporary Science and Technology* (Amsterdam, The Netherlands: Harwood Academic Publishers, 1997).

"Viscosity." Transtronics, Inc.: see xtronics.com/reference/viscosity.htm.

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• لا يسعنا عند تطلعنا لروعة السماء واكتظاظها بالنجوم والمجرات، ولا يخطر على بالنا عند إدراكنا لتنوع المخلوقات وكثرة أنواع الأشجار وجمال ضروب الأزهار (علماً بأن ما اكتشفناه منها

(1) تذكر الموسوعة الحرة Wikipedia – اسم مشابه هو عالم الحشرات السويسري والذي ولد في مدينة بال السويسرية وهو [جاكوب يوهان هاكنباخ (– ? 1702). المترجم.

جميعاً لم يبلغ حد الكمال بعد هناك أمامنا وأمام أجيالنا الكثير والكثير مما لم نكتشفه) إلا أن نتصور ميل الطبيعة إلى التنوع والوفرة ونزوعها إلى الكرم والكثرة. وهذا يكفي (برأيي) كدليل صارخ على عظمة الخالق (جل وعلا). بمعنى أن الكون بمجمله قد جُبل على (مبدأ التنوع الفائق - The Principle of Moximum Diversity) والذي يوصل إلينا الحقيقة القائلة بأن في القوانين الكونية التي نكتشفها ونتوصل إليها (وهي قليلة جداً نسبة للتنوع الفائق الذي ينص عليه المبدأ السابق) الرسالة العظيمة المعجزة الواضحة المختصرة بأن كوكبنا هذا الذي نعيش به معجزة بحد ذاته وتجربة تستحق الاكتشاف والتمتع.

ولكن رُغم الحقيقة القائمة بأن الحياة موجودة فعلا (والإنسان مثال عليها)، إلا أن في قانون التنوع الفائق من الضغط والخطورة والتحدي ما يجعلها صعبة جدا لسبب بسيط بيّن هو أن بالغ التنوع والوفرة لابد وأن يقود إلى ذروة التنافس والشدة ولذلك علينا أن نصمد ونحيا ولكن ليس دون عناء وتضحيات.

دايسن

Freeman Dyson، (New Mercies، The Price and Promise of Human progress)، Science & Spirit، July / August، 11 (3)، 17، 2000.

من اقتباس منشور في مجلة (العلميات والروحانيات) عن كتابه الموسوم (الرحمة الجديدة - ثمن التقدم البشري وثمرته).

• لا يعني اعتقادك بكفاءة قانون ما ودقته، كونيته وشموليته ولا يعني ذلك أبداً انتماءه للحقائق الكونية السرمدية غير الخاضعة للتغير ولا للتبديل.

ولكن نسبة للعلم الذي توصلنا إليه واعتماداً على الفلسفة التي ننتهجها لابد للتصور الدقيق أن يعتبر الحقيقة السالفة متوالية لا نهائية لا تختلف عناصرها المتعاقبة بعضها عن بعض إلا بمقدار ضئيل جداً يكاد لا يُدرك بسهولة، أو اعتبارها قوانين متغيرة ولكننا لم نتمكن لحد الآن من إدراك ذلك التغير، وعليه أمكننا - ولتقريب مفهومها إلى إدراكنا - التعامل معها كما لو أنها كانت أبدية، سرمدية فعلا....

سمولن

Lee Smolin، (Never Say Always)، New Scientist، September 23، 2006.

من مقالته (لا تقل دائماً أبداً) المنشورة في مجلة (نيوسينست).

• لقـد ظهر لنا الآن ان (نظريـة الأوتار الفائقـة - The Superstring Theory) أعقد بكثير مـن ذات الكـون المفروض هي أن تفسره. فهي تتنبأ بوجود عدد لا يمكـن - حقيقة - تخيله من الأكوان يبلغ (10 مرفوعة إلى القوة 500)!! كما وتقترح وجود مجاميع مسـتقلة من القوانين والمبادئ والأسس الفيزيائية تحكم كل كون منها!!

ولعل في مشابهتها (لطلسم نيروبي - Municipal Code of Nairobi) هو السبب الوحيد الذي يمكن سـوقه تفسـيراً لإخفاق علماء أعلام من وزن (نيوتن) و(اينشـتين) على إدراكها فضـلا عن اكتشافها....

لا يسعنا إلا أن نشبه وضع الفيزيائيين لاكتشافاتهم وقوانينهم كالجغرافي الذي حدث وأن وجد نفسه في هذه القطعة من الأرض أو تلك، فوصفها ولم يكن لا حول له ولا قوة في تحديد أصل تواجده فيها أو في أي من البقاع الأخرى التي سبق وأن رسم لها خرائطها....

جونسن

George Johnson، (Why Is Fundemental Physics So Messy ?)

WIRED magazine، Feberuary، 2007.

من مقالته الموسومة (لم على الفيزياء الأساسية أن تمتاز بهذه الفوضى؟).

قانون جول للتسخين والتدفئة الكهربائية

JOULE'S LAW OF ELECTRIC HEATING

إنجلترا، 1840:

تتناسب كمية الحرارة المتولدة من قبل تيار كهربائي منتظم مار عبر موصّل مع مقاومته ومربع مقداره وزمن مروره.

محاور ذوات علاقة:

جون دالتن (JOHN DALTON)، وقانون كلوزيس للديناميكا الحرارية (GLAUSIUS'S LAW OF THERMODYNAMICS)، وقانونا فراداي للحث الكهرومغناطيسي والتحليل الكهربائي (FARADAY'S LAWS OF INDCTION AND ELECTROLYSIS)، وقانون فورييه للتوصيل الحراري (FOURIER'S LAW OF HEAT CONDUCTION)، وتأثير جول – ثومسن (THE JOULE – THOMSON EFFECT)، والقانون الأول للديناميكا الحراية (THE FIRST LAW OF THE RMODYNAMICS).

من أحداث عام 1840:

– أصدرت (بريطانيا العظمى) أول طابع بريدي (لاصق) في العالم.

– ولد الفيزيائي الألماني اللامع (فريدريخ كولروش – Frierich Kohlrouch).

[انظر مدخل (قوانين كولروش للتوصيل الكهربائي في المحاليل المتأينة – Kohlrauch's Law of Conductivity) لاحقا (ص 799)].

– منح (صاموئيل مورس – Samuel Morse) براءة الاختراع الأمريكية (للتلغرافه – Telegraph) – وهي آلة إبراق الرسائل النصية عن بعد.

نص القانون وشرحه:

ينص قانون جول للتسخين والتدفئة الكهربائية على أن كمية الحرارة (H) التي يولدها تيار

كهربائي منتظم (I) يمر بموصل يمكن صياغتها وفق المعادلة الرياضية التالية:

$$H = K \cdot R \cdot I^2 \cdot t,$$

حيث يمثل R – مقدار قيمة مقاومة الموصل و I – مقدار التيار المنتظم المار عبره و t – زمن مرور ذلك التيار وإذا حسبت وحدات المقاومة (بالاوم – Ohm) ومقدار التيار (بالأمبير – Ampere) والزمن (بالثانية – Second) والحرارة (بالسعرة الحرارية – Calory) فستبلغ قيمة الثابت (K)0.2390 سعره حرارية/ جول. وإذا قيست الحرارة بوحدات (الجول – Joule) فستبلغ قيمة (K) الواحد (1).

عندما يحدث وأن يمر سيل من الإلكترونات خلال أي مادة موصلة تحتوي على مقاومة معينة (R) فإن الطاقة الكهربائية الكامنة التي يفقدها ذلك السيل ستنتقل إلى مادة الموصل على شكل حرارة. ويمكن تفسير هذه الظاهرة اعتمادا على التركيب والكيان البلوري الذي تشكله ذرات ذلك الموصل، فعندما تزداد وتيرة التصادمات الحادثة ما بين إلكترونات سيل التيار الكهربائي، وإلكترونات الكيان البلوري لمادة الموصل، فإن المدى الحراري لتذبذب تلك الإلكترونات (وضمن ذلك الكيان البلوري) سيزداد، الأمر الذي سيرفع من درجة حرارة ذلك الموصل.

وتسمى هذه الظاهرة بـ (**ظاهرة جول للتسخين الكهربائي**). ومن الملاحظ هنا إمكانية تطبيق هذا القانون على الموصلات اللافلزية، فيمكن – وبكل بساطة – مشاهدة صلاحيته عند التعامل مع أشباه الموصلات، كما وتجدر الإشارة إلى إمكانية تحقيق (ظاهرة تسخين جول) باستخدام التيار المتناوب وذلك بحساب معدل الزمن اللازم لعناصر هذا القانون.

يلعب (قانون جول) و(ظاهرة جول للتسخين الحراري) دوراً رائعاً فيما يُعرف اليوم بتطبيقات (الجراحة الكهربائية – Electrosurgical) والتي تستخدم قُطباً معدنياً لتوليد وتركيز الحرارة فيه وذلك باستعمال التيار الكهربائي مستفيدة من هذا القانون. يمر التيار الكهربائي في هذه الأجهزة عن طريق (قطب حي فعال) خلال الأنسجة الحيوية إلى قطب ثان (متعادل)، وما يقرر المقاومة (الاوميه) لهذه الدائرة الكهربائية (المتولدة من مصدر التيار إلى القطب الحي عبر أنسجة الجسم

إلى القطب المتعادل ثم إلى مصدر التيار مرة أخرى) هي طبيعة ومساحة النسيج الحي الذي يكون بمساس كامل مع قطب تلك الدائرة (وليكن الدم المراد تجلطه و/أو النسيج الشحمي المراد إزالته و/أو النسيج العضلي المراد إيقاف نزفه). تعتمد وتتحدد مجمل مقاومة دائرة القطب الحي الكهربائية بمجمل مقاومة كامل مسار التيار الكهربائي فيها. أما فترة مرور التيار [(المعامل (**t**) في قانون جول)] فيتم التحكم به ذاتيا بواسطة أصبع الجراح أو قدمه على هيئة قاطع دائرة كهربائية بسيط. كما يتم التحكم بشكل وهيئة (رأس) القطب الكهربائي الفعال في يده وفقاً للغرض والهدف المراد تحقيقه من استعماله، فتُستعمل الأقطاب ذوات الرؤوس المدببة (التي تعمل على تركيز التيار في نقطة محددة دقيقة) لتركيز الحرارة في نقطة صغيرة بذاتها لأغراض وعمليات الشق والقطع وتستعمل الأقطاب ذوات الأسطح المتسعة نسبياً (والتي تعمل على نشر الحرارة على مساحة أعرض) لغرض إيقاف النُزُف.

للفضوليين فقط:

• عند زيارتك لشاهدة قبر (جول) الجاثمة في مقبرة مدينة (سيل - Sale) في مقاطعة (أعالي منشستر - Greater Manchester) في بريطانيا ستقرأ العدد (772.55) منقوشاً عليها. يمثل هذا الرقم قيمة الموازي الميكانيكلي للحرارة الذي اكتشفه جول بنفسه والذي يقاس بوحدة (الفوت - رطل).

• مارس (جول) في حياته بعض التجارب الغريبة وحتى (اللاخلاقية) أحياناً كمثال تلك التجربة التي ربط خلالها خادمته إلى قطبي بطارية كبيرة وطلب منها شرح وتفسير شعورها وما تحس به خلال قيامه بزيادة كمية (القوة الدافعة الكهربائية - الفولتية) المارة عبر جسمها. استمر جول بعمله منتشياً بعلمه وظلت المسكينة صابرة تتحمل ألمها حتى سقطت مغشية عليها.

• لقد سبق العالم والفيزيائي الألماني [جوليس روبرت فون ماير Julius Robert Von Mayer 1814-1878] جول في توصله إلى اكتشاف القيمة المهمة المعروفة باسم (الموازي الميكانيكي للحرارة - 1) (The Mechauical Equivalent of Heat) وإجراء تجاربه بخصوصها إلا أنه

كان غير مُنظماً في أعماله وصاغ ملاحظاته حول تجاربه بلغة ركيكة تفتقر إلى التناسق والدقة وكانت تمتاز بالارتباك فمرت دون ملاحظة تُذكر من قبل المجتمع العلمي. ولما أعلن (جول) عما في جعبته بخصوص هذا (الموازي) وذاع صيته واكتسب من عظيم الشهرة ومئزر الفخر الشيء الكثير واقترن اسم (الموازي الميكانيكي للحرارة) باسمه، أُسقط في يد (ماير) ولم يتحمل رؤية (وليد أفكاره) يُغتصب منه جهراً عياناً فانهار انهياراً عصبياً تاماً وحاول الانتحار (ولحقته قلة دقته إلى هناك....) ففشل حتى في محاولة انتحاره!، الأمر الذي أفضى به في نهاية المطاف مجنوناً في إحدى المصحات العقلية!

أقوال مأثورة:

– لقد أثّر فقر وخواء ذهن (جول) من القابلية الرياضية الفذة القادرة على ردم الهوة الحاصلة بينه وبين التقدم السريع لعلوم (الديناميكا الحرارية – Thermodynamics) والتي كان هو بنفسه قد أرسى أوليات دعائمها، تأثيراً بيناً عليه.... (وكما قيل لا ينتظر الزمان ولا الريح أحداً....) فقد أُسدل بحلول أواسط القرن التاسع عشر الستار عن تسمية العُظماء والرواد ودارت الأضواء لتسلط على رعيل جديد وجيل بارع من الفيزيائيين الجدد الذين زيّنهم وكلل جباههم تملُكهم لنواصي الموهبة التدريب الرياضي الكلاسيكي والحديث والذي كان ماساً للقفز بأفكارهم الجديدة وبالأفكار الفذة لمن سبقهم إلى ريعان العهد الجديد وسؤدده.

روزنفلد

L. Rosenfeld، (James Joule) in Dictionary of Scientific Biograply.

مقتطف من مدخله المعنون (جيمس جول) في (معجم سير العلماء الذاتية).

– إذا ما آمنا بأن كامل العزة والجلالة وما ينبع منهما من قوة هي بيد الخالق (وحده تبارك وتعالى).... فلي أن أحكم على كل نظرية وأي تجربة يتطلب التفكير أو القيام بها إلغاء (القوة) و/أو مبادئها بالفشل المؤزر....

جول

James Joule، (On the Rerefaction and Condensation of Air)، Philosophical Magazine، 1845

مقتطف من مقالته (تخلخل وتضاغط الهواء) المنشورة في المجلة الفلسفية.

- احتج 717 عالماً (بما فيهم جيمس جول) بعريضة موقعة من قبلهم على الآراء (الداروينية - Darwinism) للنشوء والارتقاء والتي كانت قد تضخمت إلى سيل عرمرم جرفت البلاد والعباد آنذاك حتى صدر الاحتجاج في لندن تحت عنوان (إعلان طلبة العلوم الفيزيائية والطبيعيات) وأكد على إيمان موقعيه واعتقادهم الراسخ بالمنحى العلمي المؤكد - للكتابات المقدسة - وقد ضمت لائحة الموقعين على (86) من زملاء الجمعية الملكية.

كروثر

James C. Crowther، (British Scientists of the Nineteenth Century).

من كتابه: (العلماء البريطانيون في القرن التاسع عشر).

- يصعب علينا اليوم (وبحق) تصور قصة التطور الصاروخي المارق لنجاح وسطوع نجم (جول) وتسنُّمه بسرعة، وحرقه للمراحل ما بين بداياته كهاو بسيط للعلوم وحتى بلوغه لأسمى المراتب العلمية في المجتمع البريطاني، فما كان لعبقرية هذا النابغة ولا لمكاناته أن تنمو وتزدهر في ضوء المختبرات العلمية ومراكز البحث الغارقة في لجج الأسلوب العلمي (الحديث) والمكبلة بشباكه. لقد آمن (جول) وبكل بساطة بفكرة وجود المتساويات الكمية لمفاهيم وتجارب وحقائق الحرارة والكيمياء والكهربائية والتأثيرات الميكانيكية فعمل على إثبات وجودها، (ونجح في ذلك).

كروبر

William H. Cropper، (Great Physicists)

مقتطف من كتابه: (فيزيائيون عظام)

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولد [الفيزيائي البريطاني: جيمس جول (1818-1889) James Joule] الذي اشتهر بأبحاثه حول حفظ الطاقة وقانونه حول إنتاج الحرارة في المواصلات الكهربائية، في مدينة (سالفورد - Salford) من مقاطعة (منشستر - Manchester) البريطانية. كان والده رجلا ثرياً يملك مصنعاً لتخمير وصناعة الجعة، وقد حرص على تعليم أبنائه - وجيمس

منهـم – تعليماً خاصاً في المنزل فجلـب لهم المدرسين الخصوصيين لتدريسهم حتى إن العالم البريطـاني الشهير [(جون دالــتن – John Dalton) – انظر مدخــل قانون دالتن لضغوط الغــازات الجزئية سابقاً] وخــلال تلك الفترة من عام (1834) وحتى عام (1837)، كان من ضمنهم. لقد عكف (دالتن) على تدريس وتعليم أولاد (صانع الجعة) ما توفر في ذلك الزمان من مبــادئ الرياضيات، وطريقة الأسلوب العلمي في البحــث والشيء الكثير من الكيمياء. ولقــد كتب (جول) نفسه لاحقاً حول تلك الفترة الشيقــة والمثيرة من حياته قائلاً: إني مدين بالكثير الكثير من تبلور شخصيتي وتولد ونمو رغبتي الجامحة في الاستزادة من المعرفة بواسطة البحــث المنهجي المتجدد لأستــاذي الفاضل (دالتن). ومن الجدير بالذكــر أن جذور اهتمام (جــول) وهيامه بالكهربائية كانت أصيلة وقد بــدأت تترعرع معه منذ نعومة أظفاره، فكثير ما كان (جول) الفتى يلهو ويلعب ويلتذ ويقفز مرات ومرات فرحاً لملاحظته نظرات الغرابة والصدمــة على وجوه أصدقائه وحتــى أخيه بعد (صعقهم) بفولتات قليلة من الكهربائية من بطاريــة كان يحملها معه دائماً، كما كان شديد البهجة عظيم السعادة والحبور لدى تعريض خادمات عائلته لتلك الصدمات الموجعة (وفي أماكن مختارة!)، أيضاً.

لقــد عاش (جول) طــوال عمره مسيحياً متدينــاً مؤمناً، وقد تزوج في عــام (1847) من الآنســة (ألس أميليــا – Alice Amelia) والتي لم تستطع بكل أساليب حبها وفتنة جمالها من الاحتفاظ (بجول) إلى جوارها طوال فترة رحلتهما لقضاء (شهر العسل) في مناطق جبال الألــب الخلابة، ففي تلــك الفترة اختمرت في رأســه فكرة ســارع إلى اختبارها مع زميل له فوراً بعد أن ترك (العروس الشابة) وحدها أمام مرآتها تغالب وحدتها ودمعتها... فيغالبانها. خــرج جول مع زميله ذاك متسلحان (بمحــرار) ضخم لمحاولة قياس الفرق في درجة حرارة منبــع أحد الشــلالات الضخمة مقارنة بمصبه، ولم ينجحا في تحقيــق مأربهما لأسباب عملية شتــى، فغالبا ما تعثرت قراءاتهما وفشلت قياساتهما بسبب الكميات الهائلة من الرذاذ الذي كان يغطي ويحيط فراغات واسعة حول ذلك الشلال ويملأ الأجواء المحيطة به.

بنــى (جول) فكرتــه تلك على حقيقة وجــوب كون درجة حرارة مصــب الشلال تفوق

درجة حرارة منبعه بسبب تحويل كمية ضخمة من طاقة المياه الساقطة الحركية إلى حرارة لدى اصطدامها بصخـوره، وكان قد توقع قياس فرق درجة حرارة فهرنهايتيه واحدة أعلى، عند كل (800) قدم من مسافة السقوط.

لم تـدم علاقته الزوجية أكثر من سبع سنوات، غـادرت بعدها زوجته (ألس) حياتها الفانية إلى حياتها الأبدية وذلك في عام (1854) بعد أن تركت له في عهدته صبيين. لم يدم حال العائلة الثرية كمـا هو الحال فسرعان ما باع والده مصنعه بعد وفـاة (ألس) بفترة وجيزة وانفرط عُقد العائلة، فاختار (جول) الركون إلى حياة أكثر استقراراً وأقل إثارة وحركة، قضاها مندمجاً في تجاربه.

كتـب (جـول) في رسالـة لـه إلى دوريـة (الإنجـازات الفلسفيـة Philosophical Transactions) يقول فيها:

((يسـتطيع أي مسن قرائكم الأعزاء – وفقـط إن حباه الله متعة التواجـد والتمتع بكل تلـك الجنان اليانعة والمناطـق الخلابة التي تحيط بكامل مقاطعتـي: (ويلز – Wales) و (سـكوتلاند – Scotland) أن يتأكد بنفسـه ومن دون أدنى شـك من حقيقة ما ذهبت إليه في تجاربي، وذلك بأن يحاول ويقيس الفرق ما بين درجة حرارة منبـع شلال ومصـبه. ولو صدق حدسي واكتملت تجاربي وحسـاباتي فإني لأتوقع أن تولّد مسافة سقوط الجسم المائي لأي شلال كبير مقدارها (817) قدماً (أي ما يساوي 249 متراً)، كمية من الحرارة بإمكانها رفع درجة حرارة الشـلال بمقدار درجة فهرنهايتيه واحدة، وعليه فإني لأتوقع أن تفوق درجة حرارة مصب نهر (نياكارا – Niagara) منبعه بما لا يقل عن (خُمس الدرجة الفهرنهايتية الواحدة) بسـبب سقوطه لمسافة (160 قدماً) أي لما يعادل (48 متراً).)).

لقد أصابت توقعات جول، وكان على حق...، فلقد أثبتت التجارب المقننة، وأضافت إلى معلوماتنا فعلاً حقيقة إمكانية توليد الجسم المائي الساقط (الشلال) لكمية من الحرارة تكون قادرة على رفع درجة حرارته بما يساوي الدرجة الفهرنهايتية الواحدة (أي 0.55 من درجات كالفن المطلقة) لكل (768) قدماً – أي ما يساوي 234 متراً – من مسافة سقوطه.

لقــد كان اهتمام (جول) بالعلوم وإخلاصه وتفانيــه في إجرائه لتجاربه وتوخيه غاية الدقة فيهــا جميعــاً، نابعاً – وبصورة جذرية – من حسن وعمق وصــدق إيمانه، وإليك على سبيل المثال مقتطف من الكلمة التي كان قد حضّرها في عام (1873) ليلقيها أمام الجمعية البريطانية لتقــدم والنهوض بالعلــوم بصفته رئيساً لهــا ولكنه لم يتمكن من ذلــك بسبب توعك حالته الصحية آنذاك، وقد جاء فيها:

((سادتي الأفاضل: إني لعلى يقين بأننا كلنا لملزمون ومسؤولون بعد الاعتراف والإيمان بوجود الله (العلي القدير سـبحانه) والتعرف عليه والخضـوع الكامـل لإرادته (تبارك وتعالى) أن نحاول – وبكل الإخلاص والاجتهاد – معرفة أشياء كثيرة عما أودعه – عز وجـل – من المعجزات والأسرار في مفاهيم وحقائق الحكمة والقوة والخير كإشــارات وعلامات جلية واضحة لما صنعته إرادته. إني لأكرر يقيني وإيماني بأنه لا شك لديّ مطلقاً من توازي وتســاوي حب المعرفة والاســتزادة من القوانين والموجودات الطبيعية وبين التعمق ودراسـة الذات الإلهية وإرادتها في غرس تلـك المعرفة في كل زاوية وذرة من زوايا وذرات الكون الذي ابتدعه (سـبحانه)...)).

لقــد ظهرت إمارات نبوغ (جــول) مبكرة وكان قد ابتدأ القيام بأبحاثــه الخاصة ولمّا يتم السنة التاسعــة عشرة من عمره بعــد، واستمر على هذا النهج وداوم على هذا المنوال طوال حياته مزاولا تجاربه الأساسية المهمة في منزله الشخصي وبواسطة أدوات مختبره وتجهيزاته التي بناها بنفسه وعلى نفقته الخاصة دائماً. لقد اشتهر (جول) بدقته في حساباته واهتمامه بتجاربه وأعماله تلك الصفات التي لابد من توفرها في أي باحث مخلص ومبتكر أصيل، ولكن ما فتّ عضُده وعطّل مسيرته كان افتقــاره الشديد للملكة الرياضية وأدواتهــا المتقدمـــة المعقــدة الأمــر الذي أرجعــه القهقرى دائمــاً ومنعــه مــن متابعــة ومواكبــة كل ما هو جديــد وفعــال فــي علوم ونظريــات (الديناميكا الحرارية Thermodynamics) والتي كانت تخطو الخطوات الواسعة الجبارة نحو الحداثة.

لقــد أبدى جول اهتماماته (ومارسها فعلا) بشؤون الطاقة، وقد يبدو هذا الأمر مفهوماً ومقبولاً جــداً، خصوصــاً خلال ثلاثينيات (1830s) القرن التاسع عشر التــي شهدت بوادر انطلاق الثورة

التقنيـة. لقد بدأت الثورة الصناعية كما هو معلوم معتمدة اعتماداً كاملاً على قوة البُخار المتولد من غليان المياه باستعمال وحرق الأخشاب والفحم الحجري. وقد كان لذاك البخار مقام القلب النابض لإدارة كافـة المكائن البخاريـة وإسطواناتها، ومن هنا نشأت وتجذّرت أهمية فكرة دراسة وحساب مقـدار كفـاءة المكائن البخارية ومدى قابليتهـا الحرة لتحويل طاقة البخـار إلى شغل نافع بواسطتها وكان هذا هو المحرك الشاغل لعلوم الديناميكا الحرارية – Thermodynamics – (راجع لاحقاً مدخـل قانون كلوزيس للديناميكا الحرارية – .Clausius's Law of Thermodynamics) وقد برز فـي نفـس تلـك الفتـرة أيضـاً العالـم الكيميائـي والفيزيائـي الإنكليزي الشهيـر (ميشيل فـراداي Michael Faraday)، [انظر سابقـاً (قانونـا فـراداي للحـث والتحليـل الكهربائيـين – Faraday's Law of Induction and Electrolysis]، وقـد اكتشـف ظاهـرة الحـث الكهرومغناطيسـي وابتكـر أول ما سيعرف لاحقـاً بالمحرك الكهربائي، وأصبـح المجتمع العلمي والصناعـي وحتى الاعتيادي يتساءل عن العلاقة الدقيقة التي يُمكن أن تجمع ما بين ظاهرتين مهمتين منفصلتين ولكن يمكن أن تكونا مترابطتين، وهما مقدار الشغل المنجز (Work) من قبل أي ماكنة أو آلة متحركة، وبين كمية الحرارة (Heat) التي لابد وأن تُصاحب تحرك أجزائها.

لقـد شغلت (جول) فكرة حفـظ الطاقة على وجه العموم، كمـا شغلته فكرة قوانين حفظ الطاقة الحرارية على وجه الخصوص فنذر لها الكثير من وقته ومارس لسبر أغوارها العديد من التجـارب الطموحة. ومن الاكتشافات المهمة التي كان قد توصـل إليها في أربعينيات القرن التاسع عشر (1840s) هي قابلية ما مقداره (838) قدم– لبرة من الشغل (Work)[1][2] على تسخين ما وزنه (لبرة واحدة) من الماء ورفع درجة حرارتها (درجة فهرنهايتية واحدة). وبعبارة

---

(1) Work – الشغـل في الفيزيـاء هو مقـدار الطاقة المنقولة بواسطة قـوة (Force) تعمل لمسافة Distance) وهـو قيمة غير اتجاهية (Scaler) أول مـن سـك اصطلاحها هو الرياضـي الفرنسي (كاسبر – كوستان كوريولس – Gaspard – Gustave Coriolis). ويعـرف رياضياً وفقـاً (لنظرية الشغل والطاقة) بأنه مقدار التعبير في الطاقة الحركية لأي جسم صلب، هكذا [$W=Ek_1 \rightarrow Ek_2$] إذا كان [$Ek_1 = \frac{1}{2} m (V_2^2 - V_1^2)$] والشعل في الميكانيكا الحرارية هو مقدار الطاقة المتنقلة من نظام إلى آخر تبعاً لتغير معطياته. (المترجم).

(2) وحدات القدم (foot) واللبرة (Pound) والفهرنهايت (Fahrenheit) هي وحدات قياس المسافة والوزن ودرجة الحرارة علـى التوالي في النظـام الإنكليزي والتي استبدلت بالمتر والكيلوغـرام واللتر ودرجات الحرارة السلسيـة (المئوي) في النظام المتري العالمي. (المترجم).

أوضح فقد تمكن من وضع القيمة المناسبة من (كمية الشغل) اللازم إنجازه لإنتاج وحدة واحدة من وحدات الحرارة. وتبرز أهمية هذه الخطوة كونها تعتبر المرة الأولى التي فكر وحاول، ونجح فيها عالم بقياس كمية الحرارة المقابلة والمساوية تماماً لمقدار معين من (الشغل) الميكانيكي.

وقد ذاع صيت (جول) العلمي وبلغت شهرته (المهنية) الآفاق، الأمر الذي حدا بالجمعية البريطانية لتطوير وتقدم العلوم تكليفه مهمة إيجاد المقابل الميكانيكي الحرارة المتولدة بتأثير إمرار التيار الكهربائي ضمن الموصلات والمقاومات وكان ذلك ضمن سعيها لوضع الثوابت والأسس لتقنين قياس مقادير المقاومة الكهربائية.

لقد توصل (جول) وبعد تجارب كثيرة هذه المرة إلى القيمة (783) وأعتقد بأن الرقم الذي توصل إليه هذه المرة هو أدق مما كان قد توصل إلى حسابه سابقاً باستخدام طريقة (الدعك والاحتكاك – Friction Method). وأخيرا استقر رأيه – بعد تجارب مضنية أخرى أدق – إلى وضع الرقم النهائي، وتعريفه لمقدار الحرارة: وهو (**772.55 قدم – باوند) من الشغل الواجب إنفاذه عند مستوى سطح البحر لغرض رفع درجة حرارة (لبرة واحدة من الماء المقطر) من درجة (60) إلى درجة (61) فهرنهايتيه**.

وفي عام (1840) توصل (جول) إلى إثبات حقيقة تناسب مقدار الحرارة المتولدة من إمرار التيار الكهربائي خلال مادة موصلة مع مربع قيمة ذلك التيار ومع مقدار قيمة المقاومة المستخدمة ذاتها. وقد تمكن من التوصل إلى ذلك بواسطة إجرائه لسلسلة من التجارب قام خلالها بتغيير مقدار شدة التيار الكهربائي المار خلال دائرة كهربائية وتغير مقاومتها ومن ثم قياس التغيرات الحرارية الضئيلة الطارئة على حوض من الماء غُمس بداخله ملف تبديد حراري معدني ملحق بالدائرة الكهربائية السابقة. أما النجاح الباهر الذي كان (جول) قد حققه من إجرائه لتلك التجارب فيعود إلى دقة المحارير التي استخدمها لقياس التغيرات الضئيلة في فروقات درجات حرارة الحوض.

وعند بلوغه عامه الرابع والعشرين (وكان ذلك في عام 1843) كان (جول) قد توصل إلى قناعته القائلة بتساوي كميات الطاقة الحرارية على رغم اختلاف أشكال توليدها، وكتب في حينها مقالا بعنوان (حول التأثيرات الحرارية للظاهرة المغناطيسية في الكهربائية على مقدار

القيمة الميكانيكية للحرارة) وقد ورد فيه ما يلي:

((لن أضيّع منذ الآن المزيد من الوقت لإعادة ما سبق أن أثبتته تجاربي واقتنعت به نفسي من أن كافة عوامل ومؤثرات الطبيعة وحسب ما أوجدها الخالق (سبحانه وتعالى) غير قابلة للفناء، وعليه فإن في أي مقدار من القوة الميكانيكية التي تصرف (وتبرز هنا على شكل شغل متبدد) لابد وأن يقابلها دائماً و(تتحرر إلى المحيط) كمية مساوية لها من الحرارة)).

لقد أفضت تجارب (جول) بالإضافة إلى أعمال العديد من معاصريه من العلماء إلى التوصل لما يشبه القناعة بوجود مبدأ مشترك بين كافة أنواع الطاقة يمكن اعتباره – وقد أسموه بالفعل – (بمبدأ حفظ الطاقة – Principle of Conservation of Energy). ورغم إذكاء آرائه وأفكاره تلك لشذرات من أفكار متقدمة تتعلق بحركة الجزيئات وحتى تصادمها لتوليد و/أو نقل الحرارة، إلا أن تطور وثبات مبدئه – **لحفظ الطاقة** – لم يكن بحاجة فعلا إلى نظرية واضحة تفسر البناء الذري للمادة – لاستمراره والقبول به على وجه الاجماع.

عمل (جول) وباجتهاد بمعية صديقه الرياضي والفيزيائي البريطاني [وليم ثومسن William Thomson (1824–1907)] وقد حققا (بالفعل) معاً تجارب دقيقة أفضت إلى نتائج مهمة حول أسلوب تصرف الغازات وإلى أي مدى أو حد يمكن لطاقة الغازات الكامنة المخزونة مع، وداخل ذراتها من الانطلاق خلال تمددها. لقد حاول (جول) وعلى ما يظهر دحض (نظرية السائل الحراري – Caloric Theory) القديمة والمستهلكة والتي كانت تصف (خطأً) التغيرات في درجات الحرارة كنتيجة لانتقال – مائع لا يرى وليس له أي وزن وبشكل ما، من المادة الساخنة إلى المادة الأقل سخونة لينقل إليها الحرارة (راجع مدخل – قانون فورييه للتوصيل الحراري – Fourier's Law of Heat Conduction – المذكور آنفاً). أما خير ما قيل بذاك الشأن فكانت محاضرته الشهيرة التي ألقاها في مدينة (مانشستر – Manchester) في عام (1847) والتي جاء فيها:

((ولقد كان الرأي السائد بين الأوساط العلمية ولحد هذه اللحظة هو وجود ما يسمى (بالمادة الحرارية – Heat Substance) تماثل بقية المواد في شيوعها وانتشارها

وتختلف عنها بكونها مادة (غير مرئية) ولا وزن لها. ولكننا وبطريقة لا تقبل الشك قد توصلنا إلى إثبات حقيقة وإمكانية تحويل الحرارة إلى طاقة حية فعالة على شكل (طاقة حركية - Kinetic Energy) وإلى قوة جذب خلال الفضاء على شكل (طاقة كامنة - Potential Energy). الآن وقد تبين لنا وبما لا يقبل مجالا للشك ولا للدحض - وإلى أن نتمكن من تحويل المادة[1] ذاتها إلى قوة جذب خلال الفضاء، والتي لا يمكننا اعتبارها سوى فكرة سخيفة لا تستحق عناء المناقشة على الأقل في الوقت الحالي - فإني أعلن هنا ومن هذا المنبر ضرورة نبذ فرضية كون الحرارة كشكل من أشكال المادة وأطالب بإسقاطها إلى الأرض وقبرها فيها إلى الأبد)).

ثم أكمل إعلانه حتى اختتمه بقطعة شعرية لطيفة كان قد شُغف بها منذ زمن وهي تصف حال النبي (حزقيال - Ezekial) وعلاقته وأفكاره حول الكون، حين قال:

((عندما نتمعن بأجسامنا (التي خُلقت على هيئة عجيبة تستوجب الدهشة والرهبة في آن) لن نجد أي صعوبة في تقدير وإدراك تحول الحرارة إلى قوة حية، وذلك عند ملاحظتنا لأذرعنا وهي تتحرك في الهواء، وأرجلنا وهي تنقلنا من مكان إلى آخر، وقد يمكن إرجاع تلك القوة الحيوية إلى حرارة مرة أخرى عن طريق فرك إحدى يدينا بالأخرى وعند الجري لمسافات طويلة، أو قد يمكن استثمارها لعمل تحوير معين في الفضاء المحيط بنا، كأن ننحت تمثالاً أو نتسلق جبلاً. وترشدنا كل من الحقيقة والتفكير المنطقي إلى الاستنتاج بأن كافة الظواهر والأحداث الطبيعية سواء كانت ميكانيكية - كسقوط مياه الشلالات من علو - أو كيمياوية - كما في التفاعلات الحرارية - أو حتى الحيوية - كما في فرك يدنا بالأخرى - لابد وأن تشكل بمجموعها حواراً مستمراً ومتناسقاً ينطوي على تحويل نوع من الطاقة إلى أخرى كأن تتحول القوة الحيوية إلى حرارة أو إلى أي شكل آخر من أشكال الطاقة وبالعكس. وعليه فالتفكير العلمي يقودنا إلى الإقرار بأن ذلك النظام المحفوظ في الكون يستوجب استحالة فناء أو تدمير أو فقدان أي

(1) لاحظ أن هذا الفكر كان سائداً قبل مجيء اينشتين بمعادلته الشهيرة (($E = mc2$)) والتي تبيح لنا تحويل المادة إلى أي شكل من أشكال الطاقة وبالعكس، ففي عصر جول وما والاه كان ذلك التغير والتحول مستحيلاً. (المترجم)

نوع من أنواع الطاقة أو الحركة، وعليه يستمر تناسق الكون والطبيعة في حركتهما الميكانيكية وعملهما رغم ما يظهر إلى أعيننا من ضروب التعقيد والتداخل في ذلك)).

وبناء على ذلك لا يسعني هنا إلا أن أستشهد بقول(حزقيال Ezekial)[1] النبي عندما أقر وأعلن:

((قد تتداخل العجلات بعضها ويبدو كل شيء معقداً يساهم بزيادة الفوضى والاضطراب، وبطريقة لا تبدو لها نهاية ولا لآخرتها وجود. سبب متداخل بسبب ونتيجة لا علاقة لها بأخرى وقد تاهت الأعين وزاغت الأبصار، ومع كل ذلك يبقى النظام والكمال السيد المسيطر على كامل الموقف)).

يعتبر المبدأ المهم الذي اكتشفه (جول) والمتعلق بتسرب الغاز المضغوط والمحجوز في فراغ معين من خلال ثقب صغير والذي سيخضع إلى التغيرات الحرارية المنصوص عليها في (تأثير جول – تومسن – Joule – Thomson Effect) ووفق المعادلة الرياضية التالية:

$$\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_H = \frac{T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P - V}{C_P}$$

من مبادئ الانثالبية (Entropy)[2] المهمة.

حيث تمثل – الجهة اليسرى من المعادلة مقدار التغير في الحرارة والضغط مع الإبقاء على الانثالبية (وهي هنا تمثل المضمون الحراري لهذه الجهة من النظام) ثابتة.

وقد تسمى أيضاً (بمعامل جول – ثومسن – Joul – Thomson – Coefficient)

(1) Hzekiel – ويعني هذا الاسم بالعبرية (الذي سيؤيده ويقويه – الله سبحانه وتعالى–) وهو (ذي الكفل) الذي ذكره القرآن الكريم وله كتاب خاص به يُعتقد أنه كُتب حوالي سنة 500 ق.م خلال فترة السبي البابلي لمملكة يهوذا الإسرائيلية الجنوبية. ويتضمن رؤياه وتنبؤاته لما ينيف عن الـ (22) عاماً وهي فترة وجوده (منفياً) في بابل. ويؤمن به المسيحيون كنبي مُرسل، في حين يعتبر اليهود كتابه من ضمن كتبهم المقدسة ويعتبرونه شخصياً كثالث أعظم كتبهم المقدسة. أما تحديد فترة كتابته بالقرن السادس ق.م. فيعود إلى ذكره لتواريخ الإحداث بأسلوب امتازت تلك الحقبة به. ومما تجدر الإشارة إليه وجود قرية صغيرة تقع إلى الجنوب من مدينة بغداد بعدة كيلومترات وعلى الطريق لمدينة (الحلة – في محافظة بابل) تحمل اسم (الكفل) ويعتقد بوجود رفات هذا النبي فيها. (المترجم).

(2) Entropy – (أو الانثالبية) ويرمز لها (H) والانثالبية الخاصة – Specific Enthalpy) ويرمز لها (h) في علوم (الديناميكا الحرارية – Thermodyuamics) و(الكيمياء الجزيئية – Molecular Chemistry) وهي إحدى صفات الديناميكا الحرارية لنظام ديناميكي حراري. وتستعمل لحساب مقدار انتقال الحرارة في نظام مغلق تحت ظروف ضغط وحرارة ثابتتين. وتعتبر قيمة التغير في الانثالبية (ΔH) أهم فعليا من (الانثالبية) ذاتها وتساوي مقدار التغير الحادث في الطاقة الداخلية لنظام مغلق تحت ظروف حرارة وضغط ثابتتين، مضافاً إليه مقدار (الشغل – Work) الذي استطاع ذلك النظام عمله على محيطه مما يعني أيضاً أن مقدار التغير الحادث في (الانثالبية) في تلك الظروف هو ما يساوي مقدار الحرارة الممتصة من قبل تفاعل كيمياوي عند حدوثه.(المترجم).

والـــــذي يمكن أن يكتسب قيمة سالبة أو موجبة أو حتى القيمة الصفرية اعتماداً على درجة حرارة وضغط الغاز تحت الاختبار.

ويمثل – الحد $\partial T/\partial P$ مقدار تغير حجم الغاز وعلاقته بدرجة حرارته تحت ظروف ضغط ثابت.

و C_p – مقدار الحرارة النوعية العيارية (Molar Specific Heat) تحت ضغط ثابت.

وتجـدر الإشارة هنـا إلى ثبوت (**انثالبية**) هـذا النظام بالنظر لعدم السمـاح لأي مقدار من الحرارة بالتسرب من أو إضافتها إلى هذا النظام محكم الغلق.

إن لمعامـل (جول – تومســون – Joule – Thomson Coefficient) بعض المواصفات والخصائـص الفيزيائية التي لها أهمية بالغـة في دراسة مواصفات وتصرف الغازات المختلفة تحت الظروف المختلفة، فلهذا المعامل علاقة وطيدة مثلا، بمصطلح ثان هو (درجة حرارة تحول جول – تومسون – Joule – Thomson Inversion Temperature) والتي تعرّف بأنها درجة الحـرارة التي يساوي عندها المعامل قيمته الصفرية. وتختلف درجة حرارة التحول تلك، اعتماداً علـى نوع الغاز تحت الدراسة، فعند درجات الحـرارة التي تفوق (درجة تحول) غاز ما، ستسخن تلـك الغـازات المحجوزة تحت ضغط عنـد إطلاقها من خلال فتحة صغـيرة في خزاناتها. وعند درجات الحرارة التي تقل عن (درجة تحولها) فإن تلك الغازات ستبرد تحت عين الظروف السابقة.

فعنـد فتحنا لفتحة صغيرة مناسبـة في طرف خزان غاز ثاني أوكسيـد الكربون المسال مثلا في المختـبر وفي ظروف درجة الحـرارة الاعتيادية (25 درجة مئوية) فإنك سـترى الغاز وهو ينطلق من تلك الفتحة على شكل رشاش من بلورات الثلج الجاف الصغيرة بدرجة حرارة (– 78 درجة مئويـة). ومـن ناحية ثانية فـإن غازي الهيدروجـين والهيليوم سيسخنان عنـد انطلاقهما خلال الفتحات الصغيرة المحدثة في أطراف خزاناتهما عند نفس ظروف درجة حرارة الغرفة الاعتيادية.

سُمّـي ذلك التأثير المهم على اسمي العالمين المؤمنين[1] (جيمس جول – James Joule) و (وليم تومسن – William Thomson) اللذين كانا قد اختبرا وتحققا في عام (1852) مـن حقيقة وجود ذلك التأثـير استرشاداً بأبحـاث وأعمال سبقت كان قد قـام بها (جول)

(1) Comitted Christians – في أصل النص. (المترجم).

بمفـرده حول خصائص تمدد الغـازات. تبرز أهمية (تأثير جـول- تومسون - The Joule Thomson Effect) عمليا اليوم عند ممارسة عمليات إسالة الغازات صناعياً، (أما نقاش وشرح ذلك فيقع خارج نطاق هذا الكتاب).

انتقل جول في عام (1861) إلى منزله الجديد مع أولاده إلا أنه قوبل بامتعاض شديد ورفض جيرانه له وبالأخص عند اصطحابه لماكنته البخارية معه والتي تطيّروا منها أشد التطيُّر، وفي هذا الخصوص أرسل (جول) رسالة قصيرة طريفة يوضح فيها لصديقه العزيز (تومسن) سوء الفهم الحادث نتيجة نقل الماكنة ويعتذر منه على التأخير الحادث لتجاربهما من جراء ذلك قائلاً:

((.... وأما ما يخص تجاربنا حول الغازات فإني سأكملها وبلا شك ولكن فقط بعد أن أستعيد عافيتي من الهجوم الشنيع والمريع الذي شنه عليّ كافة جيراني بعد انتقالي مع ماكنتي البخارية إلى بيتـي الجديد... بعد جهد عظيم بذلته لإقناعهم وتطييب خواطرهم بأن الإشـاعات التي سبقتني إليهم بأن تجاربي وآلتي البخارية ستحرق لهم حدائقهم وأزهارهم العزيزة عليهم ما هي إلا ضرب من التشنيع والكيد الكاذب الذي لا يستند إلى قاعدة من الحقيقة)).

وبعـد القيل والقـال وكثرة الشكوى والسـؤال أقرّت بلدية المدينـة بعـدم السماح لـ (جول) بالانتقال مع آلته إلى داره الجديد وكان عليه الاختيار بين أحد الحلين.

وفي عـام (1870) قُلـد (جول) (ميداليـة كوبلـي - The Copley Medal) من قبل الجمعية الملكيـة في لندن تقديراً لأعماله، كما تسنم منصب رئيـس الجمعية البريطانية لتقدم وتطوير العلوم لعامي (1872) و (1887).

ويعـود الفضـل اليوم إليه لكونـه الشخص الذي استطـاع أن يُقنع العـالم ومجتمعه العلمي بإمكانيـة تحويل وحدات الطاقة المختلفة من ميكانيكية وكهربائية وحرارية، واحدة منها إلى الأخرى، وإمكانية قياسها جميعاً بوحدة (قدرة - Power)(1) واحدة، وبأن أشكال الطاقة

(1) Power - (القدرة) في الفيزياء، هي مقدار التغير في مقدار الشغل (Work) المنجز أو في مقدار الطاقة (Energy) المتحولة. ويعبر عن ذلك رياضياً بـ [illegible] ، حيث avg - هو المعدل، وΔ - هو الفرق، و t - الزمن. (المترجم)

المختلفة هذه إنما ترتبط معاً بصفات مشتركة. وقد كان بذلك من أوائل الذين بينوا بالحجة الثابتة وبالتجربة القاطعة حقيقة وجود (قانون حفظ الطاقة – Law of Couservation of Energy) والذي يعرف أيضا باسم (القانون الأول للديناميكا الحرارية – The First Law of Thermodynamics).

لقد تضمن اهتمام (جول) بظواهر الحرارة وتطبيقاتها استعماله لها ضمن تجارب مبتكرة شملت تغيرات (لزوجة – Viscosity) السوائل في الأسطوانات وتحريك الإطارات بواسطة الدواسات واستخدامات أخرى مبتكرة للمجاهر. وفي إحدى تجاربه لإثبات صحة **(قانون حفظ الطاقة)** قام بإمرار الماء خلال ثقوب صغيرة جداً محدثةً في إسطوانة ثم باشر بقياس التغيرات الضئيلة في مقدار لزوجته بتأثير ارتفاع درجة حرارته. وقد استطاع من خلال تلك التجارب استنتاج قيمة (المكافي الميكانيكي – Mechanical Equivalent) للحرارة وحدده بقيمة [770 قدم – لبرة لكل وحدة (بتو Btu) واحدة][1] وقد قاربت هذه القيمة تلك التي كان قد تمكن من التوصل إليها في تجاربه الكهربائية الأمر الذي دفعه إلى الاستنتاج بأن مقداري (الشغل – Work) و (الحرارة – Heat) هما قيمتان تبادليتان (أي يمكن تحويل إحداهما إلى الأخرى). ومن تجاربه الأخرى لتحديد قيمة (المكافئ الميكانيكي – Mechanical Equivalent) للحرارة كانت من خلال قياساته الدقيقة للتغيرات الضئيلة في درجات الحرارة لحوض ماء غُمرت بداخله عجلة تدور بواسطة كتلة هابطة من علو مربوطةً بها.

وعلى رغم حقيقة استبعاد كون (جول) السبّاق الأول في التفكير في وجود (المكافئ الميكانيكي للطاقة الحرارية) وهو المعامل الذي يربط – حسابيا– تحويل الطاقة الميكانيكية إلى حرارية وبالعكس، إلا أنه ولا شك يعتبر السباق الأكيد والمبتكر الأول للكثير من التشكيلات والتجارب العلمية والدقيقة التي ساهمت بل وأثّرت بالفعل في... وقادت بدقة للتوصل إلى تأكيد حساب

(1) Btu– ونعني (الوحدة الحرارية البريطانية – British Thermal Unit – .Btu) ونعرّف بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة (باوند) واحد من الماء (454 غراما منه) درجة فهرنهايتية واحدة ابتداءً من درجة حرارة محددة هي (39) درجة فهرنهايت. (المترجم).

مثـل تلك العلاقة. وقد كشفت دراساته وقياساته الدقيقة عن قابليته الفذة في تدريج وحسن قراءة التغـيرات الضئيلة في قياسات المحارير الزئبقيـة والكحولية ومن خلال استعماله للمجهر أحياناً. يعتقـد ويعزي البعض سبب مهارته في استخـدام المحارير لقياس تغيرات درجات الحرارة للخبرة التي كان قد اكتسبها من مراقبة عمّال وأدوات معصرة والده ومعمله لصناعة الجعة.

لقـد خُلّد اسم (جـول) إلى اليوم - وإلى ما شاء الله - بإطلاق اسمـه - تيمناً وتقديراً - على وحـدة المكافـئ الميكانيكي للحرارة (الجـول - Joule) وتكتب على شـكل الحرف اللاتيني الكبير (J) والجول هي وحدة من وحدات (الطاقة - Energy) او (الشغل - Work) وتقاس وتعـرف بوحدات [الكيلوغرام (ضرب) المتر المربع (مقسومـاً على) الثانية تربيع هكذا ($Kg. m^2 / S_2$)]. وقـد أُطلق اسمه تخليدا له أيضا على إحدى فوهات القمر بقطر (96 كيلو متراً)، تلك التسمية التي أُقرت دوليا في عام (1970) من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين.

ولم تفـارق نعمـة الإيمان القوي الراسخ قلـب (جول) ولآخر يـوم في حياته ولآخر نفس لفظـه من صـدره، فقـد كـان شديـد الاعتقـاد بوجود وبوحدانية الخالـق العظيم (سبحانه) وقـد كان قد كتب سابقاً - وكمـا أشار إلى ذلك المؤلف (جيمس جـي. كروثر - James G. Crowther) في كتابه الرائع (العلماء البريطانيون في القرن التاسع عشر)، - واعترف بوحدانية الله وبديع خلقه (جل وعلا) بقوله:

((... وبعـد الاعـتراف والمعرفـة والخضـوع والانصيـاع لعظمة البـاري (عز وجل) ولإرادتـه السـامية، لابد لنا نحن بنـو البشر أن نتعرف إلى عظيم بدائع صـنعه وروائع تجليـات عظمته وقوته ونبراس الخير الذي أودعه فينا وفي كل ما حولنا، وذلك بالتدبُّر والدراسة والتفكير بخلقه (سبحانه) وما أبدعته يداه)).

صرح (تومسن) بأن (جول) كان:

((قد تمكن من نواصـي العبقرية في التخطيط، والشـجاعة في الإقدام والإعجاز بالتدقيق في التنفيذ، مع قوة الصبر والمطاولة بالسير قدماً بسلاسل أفكاره وترتيب أعماله المتناسقة والاسـتمرار بإجـراء تجاربه واختباراته حتى تمكن من اكتشـاف وإثبات العلاقة المهمة ما

بين مفاهيم (حفظ) الأنواع المختلفة من الطاقة، سواء كانت كهربائية أو كهرومغناطيسية أو كهروكيميائية (أو أي من تاثيراتها) وحتى في مجالات (الاحتكاك - Friction) وتصادم المواد الصلبة. كما كان قد تمكن من إجراء القياسات والحسابات الدقيقة كحالات الاحتكاك حتى ما بين السوائل... كل ذلك لإثبات وجود (مفهوم المكافئ الميكانيكي للحرارة - The Mechanical of Equivatent of Heat) والذي يعتبر مفهوماً متطوراً وفكرة رائدة لا يمكننا إدراك مدى أهميتها ومبلغ خطورتها في الوقت الحاضر على الأقل، ولكن بإمكاننا الآن أن نشحذ همم المجتمع العلمي ليتمعن بهذا الموضوع ويدرسه بعمق وروية وتؤدة كي يتوصل إلى الكيفية المثلى للاستفادة منه مستقبلاً)).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Cardwell, Donald. *James Joule. A Biography* (Manchester, U.K.: Manchester University Press, 1991).

Crowther, James G., *British Scientists of the Nineteenth Century* (London: Paul, Trench, Trubner & Co., Ltd., 1935).

Damour, Thibaut, "Black-Hole Eddy Currents." *Physical Review D*, 18(10-15): 3598–3604, November 1978.

Heilbronner, Edgar, and Foil A. Miller, *A Philatelic Ramble Through Chemistry* (Zurich, Switzerland: Helvetica Chimica Acta, 2004).

James, Ioan, *Remarkable Physicists: From Galileo to Yukawa* (New York: Cambridge University Press, 2004).

Joule, James, "On the Calorific Effects of Magneto-Electricity, and on the Mechanical Value of Heat." *Philosophical Magazine*, 23: 263-276, September, 1843.

"James Prescott Joule," in *Notable Names Database*, Soylent Communications; see www.nndb.com/people/275/000049128/.

KLS Martin Group, "Electrosurgery Manual," Gebrüder Martin GmbH & Co.; see www.klsmartin.com/fileadmin/download/Sonderdrucke_PDF/90-604-02-04 09 06_Handbuch HF.pdf..

Lamont, Ann, "James Joule: The Great Experimenter Who Was Guided by God," in *Answers in Genesis*; see www.answersingenesis.org/creation/v15/i2/joule.asp.

Rosenfeld, L., "James Joule," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970)

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• لقد وضعنا خطانا وتمركزنا الآن على حافة حضارة (البحث) التي أذكتها وقادتها بنجاح – وإلى حد الآن – مكائن بحث جبارة مثل (كوكل-google) وغيرها واللائي يتنافسن فيما بينهن ولن يقبلن بأقل من (الكمال) كجائزة لمثابرتهن (وحتى قتالهن فيما بينهن!). لقد أنارت تلك المكائن لنا طريق المستقبل وقادتنا بنجاح إليه. لقد أوصلتنا إلى مستقبل مليء بالأجوبة الصحيحة العميقة قد يصاحبنا عند التعرف على بعضها شعوراً غامضاً سخيفاً بالذنب. سنتمكن في المستقبل ليس فقط من الإجابة على كافة الأسئلة – إنما ستكون لنا الشجاعة وسنتمتع بالألمعية لطرحها أيضاً... أم هل ستكون؟

بروكمن

(John BrockMan (What we Believe But Cannot Prove)

Robert Eisberg and Lawrence Lerner، (Physics، toundations and Application).

من كتابهما - مبادئ الفيزياء وتطبيقاتها. مقتطف من كتابه - (ما نؤمن به ولا يمكننا إثباته).

• على رغم صحة الرأي القائل بأن المولى (عز وجل) كان قد خلق الكون وقوانينه ونواميسه بدقة وانضباط تأمين حتى ولكأنها جميعاً تعمل معاً كآلة معجزة كبيرة لا متناهية في دقتها...، ألا تتفق معي بأن هذه الآلة الهائلة السرمدية لا تعدو كونها (آلة يمكننا فهمها؟).

كارول

Robert Todal Carrol، (Intellegent Design)، The Skptic Dictionary.

مقتطف من مدخل (التصميم الذكي) من معجم المتشككين.

• ينبع ذكاؤنا وتنتج كافة أفعاله الذهنية من الوجود المادي الفيزيائي لأدمغتنا – بلاشك – والخاضعة تمام الخضوع في عملها لقوانين الفيزياء المرتبطة كامل الارتباط بالأسس الرياضية والتي نحتاج عقولنا ذاتها من أجل تجسيدها ووجودها.

بنروز

Roger Penrose، (What is Reality) New Scientist. -

من مقالة له بعنوان (ما هي الحقيقة) نشرت في مجلة نيوسينتست.

• لقد لاحظ منتجو الألبان – ومنذ القدم – دفء وارتفاع درجة حرارة الزبدة المستخرجة، مقارنة (بالشرش) الذي استُخرجت منه. (لقد استفاد جول من هذه الملاحظة واستخدمها لدعم قانونه وآرائه). أكد [(الكونت رمفورد – Count Rumford) واسمه (بنيامين تومسن – Benjamin Thompson) أن حركة (الخض) المستمرة والطاقة الميكانيكية فيها والتي تقاوم قوة الاحتكاك التي يعاني منها اللبن داخلها هي التي ستتحول إلى وحدات مجهرية متحركة.... هي الحرارة (وهي السبب في رفع درجة حرارة الزبدة المستخرجة). تعود فكرة الاعتقاد بأن الحرارة ما هي إلا شكل من أشكال الحركة إلى عهود الرومان على الأقل.

ايزبرك وليرنر

Robert Eisberg and Lawrence Lerner، (Physics، Foundatinos and Applications)

مقتطف من كتابهما (أسس الفيزياء وتطبيقاتها).

قانونا كرشهوف للدوائر الكهربائية والإشعاع الحراري

KIRCHHOFF'S ELECTRICAL CIRCUIT AND THERMA LRADIATION LAWS

ألمانيا، 1845 و1859

قانون الدوائر الكهربائية: **يتساوى حاصلا جمع كافة التيارات الداخلة إلى أي نقطة تجمع في دائرة كهربائية مع كافة التيارات الخارجة منها. يبلغ المجموع الجبري لكافة تغيرات (القوة الدافعة الكهربائية، أو الفولتية) حول أي دائرة كهربائية كاملة صفراً.**

قانون الإشعاع الحراري: **إن نسبة قدرة امتصاص جسم مشع لإشعاع ما إلى قدرة انبعاثه منه هي دالة للطول الموجي لذلك الجسم ولدرجة حرارته.**

محاور ذوات علاقة:

قانون بلانك للإشعاع (PLANK'S LAW OF RADIATION)، وجوزف فون فرونهوفر - (JOSEPH VON FRAUNHOFER)، وجورج اوم (GEORG OHM)، وجوشيا كبس (Josiah Gibbs).

من أحداث عام 1845:

- ضُمت كل من ولايتي فلوريدا (Florida) وتكساس (Texas) رسميا إلى الاتحاد الفيدرالي للولايات المتحدة الأمريكية.
- نشر الكاتب المعروف (ادكار الآن بو - Edgar Allan Poe) رائعته الخالدة (الطير الأسود - The Raven)[1].

(1) Raven– طائر أسود من الطيور الآكلة للجيف، كبير الحجم، ينتمي إلى أكبر (رتبة - order) من رتب الطيور وهي العصفوريات أو الطيور المصوتة (Passeriformes). وهي عبارة عن قصيدة من (6× 18 = 108) أبيات تحكي قصة شخص مشوش الفكر بحبه الضائع. يزوره طائر أسود ليلا ويدق على شباك حجرته بمنقاره ويبدأ حواراً ومساءلة فلسفية عن العديد من الأسئلة من قبل الشخص ولا يجيب الطائر الأسود عليها إلا بكلمة (توقف عن الاستفسار عن المزيد - كفى - Nevermore) حتى يكاد الشخص أن يساق إلى الجنون. (المترجم).

- تم اختراع الشريط الحلقي المطاطي ونال براءة اختراعه من بريطانيا.

- شرع الكاتب الأمريكي (هنري ديفد ثورو - Henry David Thoreau) بتجربته الحياة البدائية المبسطة على الضفاف الفاتنة لبحيرة (والدن - Walden) في منطقة (مسشوستس - Massachusetts).

- شرع بطبع وابتدء تداول المجلة العلمية العالمية المرموقة ذائعة الصيت (سينتفك أمريكان - Scientific American) والتي استمرت بالصدور إلى حد هذا الشهر (شباط - فبراير 2011) وستظل بمشيئة الله تعالى[1].

قانونا الدوائر الكهربائية (1845):

يعني قانون كرشهوف للدوائر الكهربائية ويركز على العلاقة ما بين التيارات المارة عبر (أجزائها المشتركة) مماساتها والقوى الدافعة الكهربائية المؤثرة عليها والدائرة حولها.

قانون كرشهوف للتيار:

يعتبر (قانون كرشهوف) للتيار إعادة صياغة لمبدأ حفظ الشحنة الكهربائية في نظام ما. ويعبّر هذا القانون عمليا عن حقيقة مفادها أن حاصل المجموع الجبري لكافة التيارات الكهربائية السائرة باتجاه (والداخلة إلى) أي نقطة محددة ما في دائرة كهربائية، لابد أن يساوي حاصل المجموع الجبري لكافة التيارات الكهربائية الخارجة منها. وغالبا ما يطبق هذا القانون على نقطة تماس ما حين تلتقي عندها عدة أسلاك مكونةً لنقطة مشتركة بينها جميعاً. وقد تكون تلك النقطة المشتركة على شكل تصالب (X) أو على شكل ممر ذي نهاية مغلقة (T) - وتسمى بالإنجليزية على التوالي بنقاط التماس على شكل حرفي (اكس - x او تي - T). ويمتاز التيار المار في مثل نقاط الالتقاء تلك بوروده إلى النقطة بواسطة سلك أو أسلاك

(1) المترجم مشترك فيها منذ عام (1974).

ومغادرتـه إياها عن طريق سلـك أو أسلاك مغايرة عن تلك التي دخلتهـا سالفاً. وبالإمكان التعبـير عن هذا القانون أيضاً بدلالة حاصل جمع كافة التيارات الكهربائية الآنية التي تدخل إلى نقطة الالتقاء تلك والتي يمكن تسميتها بالعقدة:

$$i_{\mathrm{in}}^{1}+i_{\mathrm{in}}^{2}+i_{\mathrm{in}}^{3}+\ldots+i_{\mathrm{out}}^{1}+i_{\mathrm{out}}^{2}+i_{\mathrm{out}}^{3}+\ldots=0$$

تمثـل القيمة i_{in} هنا كافة قيمة التيارات الواردة إلى عقدة اللقاء، على حين تمثل القيمة i_{out} كافة قيم التيارات الشاردة عن تلك العقدة، وأما الأرقام الصغيرة التي توشح أعلى كل حد منها فتمثل الأسلاك المختلفة الحاملة للتيار دخولا وخروجاً إلى نقطة التماس المعنية في التجربة.

قانون كرشهوف للقوة الدافعة الكهربائية (الفولتية):

ويعتـبر هذا القانـون إعادة لصياغة قانون حفظ الطاقة في نظـام معين وينص على وجوب بلوغ حاصل جمع كافة قيم وكميات القوى الدافعة الكهربائية (كافة الفولتيات) حول نقطة مـا في دائرة كهربائية قيمتهـا الصفرية. وكتوضيح لما سبق دعنا نتصـور دائرة كهربائية تامة مغلقـة لهـا من العناصر ونقاط الالتقاء والتفرّق عدداً معيناً، ففـي مثل هذه الدائرة، إذا شرعنا بقياس فرق الجهد بين أي نقطتين ابتداءً من نقطة الشروع فإن مجموع كافة الفروق في قياسات القـوة الدافعة الكهربائية (وتسمى بالفولتية أيضـا) وعلى كامل مسارات تلك الدائرة ستبلغ صفـراً. أما عناصر ومكونات أي دائرة كهربائية فتتكـون من عدد يزيد أو يقل من عناصرها الأوليـة وهي الموصـلات (كالأسلاك) وأشبـاه الموصلات (كالترانزستـورات) والمقاومات المختلفة والمكثفات والمراكم الملحقة بهـا (أو البطاريات) وبالإمكان التعبير رياضياً عن هذه العلاقة بالشكل التالي:

$$v_1+v_2+v_3+v_4+\ldots=0.$$

ولنـا هنا – ومـن الناحيـة العملية – ملاحظـة أن **(قانـوني كرشـهوف)** السابقـين للدوائر الكهربائيـة يستوجبان عـدداً من الفرضيات، فعلـى سبيل المثال – وفي سيـاق قوانين التيار الكهربائـي – يفترضـان وجود تيار ثابت بكثافة شحنة مستقـرة مستمرة الانسياب لا تتغير

مـع الوقت كما قد يحدث عندما يزداد تراكم الشحنـات الكهربائية الصافية سالبة كانت أم موجبـة (كأن تكون البطارية المستخدمة مربوطة بشاحنة غير مستقـرة أو عند انتهاء عمرها حيث تتذبذب في قابليتها في تجهيز السيل الثابت من الإلكترونات)، وفي مثل هذه الحالات سيطبـق (**قانون كرشـهوف**) مع الأخذ بنظر الاعتبار كـون تطبيقنا له تقريبياً فقط – على شرط أن تكـون قيم المقاومـات (Resistances) والمستحثـات (Inductances) والمكثفات (Copacitances) لمجموع أسلاك الدائرة ككل صغيرة جداً مقارنة بمقاومة وحث وسعة وحداتها أنفسهن كل على انفراد.

كما ويمكن تعميم تطبيق (**قانون كرشـهوف**) على الدوائـر الكهربائية المزودة بتيار متناوب (Alternating Current)، إذا مـا افترضنـا كـون كافة نقاط قواهـا الدافعة الكهربائية (الفولتية) وكافة تيارات نقاطها ملتزمة بالشكل (الجيبي – Sinusoidal Form) المحافظ علـى تـردده (Frequency) دائماً. وفي مثل هذه الحالات فـإن حاصل المجموع الجبري – Algebraic Sum) سيستبـدل (بحاصل جمع المتجهـات – Vector Sum) وحين ذلك سينص (**قانون التيار**) – وببساطة – على: **وجوب بلوغ حاصل جمع المتجهات لكافة التيارات الواردة إلى نقطة اتصـال كهربائية متشـعبة أو عقدة ومغادرتها إياها وفي خلال أي فسـحة زمنية محددة، صـفراً.** وبالمثل سينص قانون (القـوة الدافعة الكهربائية (الفولتية) على: **وجوب بلوغ حاصـل جمع المتجهات لكافة الفولتيات المارة إلى... والخارجة من نقطة اتصال كهربائية متشعبة (أو عقدة) وفي أي فترة زمنية محددة صفراً**، كذلك.

وأخـيراً – ولأجـل توضيح أعم وأكثر علمية – نقول، إننا كنا قد افترضنا، ولحد الآن كون المركـم الكهربائي (البطارية) مصـدراً ثابتاً لتجهيز (القوة الدافعـة الكهربائية – ق.د.ك. – Electromotive Force emf) ولكننا بالحقيقة نجد أن فرق الجهد الكهربائي عبر قطبي البطارية، والذي يطلق عليه اسم (فرق الجهد الطرفي – Terminal Voltage) لا يمثل قوته الدافعـة الكهربائية الصافية، وإنما نجدها تقل قليـلا بازديـاد شدة التيار المتولد عنها، وعليـه وللأغراضـ العلميـة الدقيقـة، فـإن المركم الكهربائـي (البطارية) غالبـاً ما يُعبّر عنـه بمصـدر

للقوة الدافعة الكهربائية – ق.د.ك. مضافاً إليه قيمة المقاومة الداخلية له (Its Internal Resistance)، ولكن قيمة هذه (المقاومة الداخلية) غالبا ما تكون من الصغر بحيث يمكن إهمالها لدى القيام بالعديد من التجارب والاختبارات العملية.

قانون كرشهوف للإشعاع الحراري (1859):

يُشعُ كل جسم ساخن طيفاً محدداً خاصاً به من الأمواج الكهرومغناطيسية يعتمد حصراً على درجة حرارته وعلى انبعاثيته (Emissivity) – التي سنشرح معناها لاحقاً – ويطلق على هذا النوع من الإشعاع مصطلح (الإشعاع الحراري Thermal Radiation) لأنه يعتمد مبدئياً على درجة حرارة الجسم المعني ذاته.

ولغرض إدراك **(قانون كرشهوف للإشعاع الحراري)** وبلوغ ما قصده واضعه من ورائه، يعمد الفيزيائيون إلى اعتبار واختبار ووصف أحد الأجسام الخاصة التي يطلقون عليها اسم (الجسم الأسود – Blackbody). يفترض العلماء امتلاك هذا الجسم لخاصية امتصاص كافة أنواع وأطياف وترددات الطاقة الكهرومغناطيسية التي يصادف سقوطها عليه أو توجيهها إليه وعليه فهو لا يعكس ولا يشع ولا يبث أي طاقة من ذاته أبداً. لقد كان (لكرشهوف) شرف وضع هذا المصطلح وتقديمه إلى المجتمع العلمي، كما كان قد لاحظ وأكد على قابلية مثل هذه الأجسام على إشعاع المقدار أو الكمية العظمى الممكنة من الطاقة المشعة وفي أي درجة من درجات حرارته. ولكن واقع الحال لا يتطابق دائماً مع الافتراضات الرياضية المثالية، وعليه لم يمكن ولحد الآن اكتشاف (جسم أسود) مثالي أو أي مادة حقيقية تتمكن فعلا من امتصاص كافة أنواع الإشعاع والطاقة المسلطة عليها بحيث لا تعكس منها شيئاً. أي أن كافة المواد الموجودة في عالمنا الذي نعيش فيه تقوم فعلا بعكس جزء من الإشعاع المسلط عليها وتشع كمية من الطاقة أقل مما يمكن لجسم أسود إشعاعه وفي ضمن نطاق ذات الدرجة الحرارية. ومع كل ما سبق فهناك بعض المواد التي تقارب في تصرفاتها مزايا الجسم الأسود وتحاكيها، مما يجعل من قانون **(كرشهوف للإشعاع الحراري)** قانوناً نافعاً مفيداً في الكثير من التطبيقات العملية.

ينص قانون كرشهوف للإشعاع الحراري، (وفي حالة اعتبارنا لجسم أسود مثالي في حالة توازن واستقرار) على بقاء نسبة مقدار [الطاقة المشعة (R) Radiated Energy] منه إلى مقدار [الطاقة الممتصة (A) Absorbed Energy] من قبله، قيمة ثابتة دائماً وتعتمد على طول تلك الطاقة الموجي وعلى درجة حرارة الجسم الأسود المعني. أي بعبارة رياضية يمكننا صياغة ما سبق كالآتي:

$$\boxed{\frac{R}{A} = C}$$

والآن إذا ما تفحصنا هذا القانون عن كثب وابتدأنا بتعريف (الانبعاثية – Emissivity) بأنها نسبة الطاقة المشعة من قبل جسم معين إلى الطاقة المشعة من قبل (جسم أسود – Blackbody) درجة حرارته مساوية لدرجة حرارة الجسم الأول، فإننا لابد وأن نستنتج وبسهولة أن أي جسم أسود حقيقي (مثالي) لابد له أن يكتسب صفة (انبعاثية) مقدارها وحدةً كاملة (1) في حين يترتب على أي (جسم أسود) أو غير (أسود) حقيقي أن يكتسب (انبعاثية) تقل عن (1)، وتعرف (امتصاصية – Absorptivity) جسم ما – بالمناسبة – بأنها قابلية أي جسم على (امتصاص) ذلك الجزء المعيّن من مقدار الطاقة المسلطة عليه. ولمصطلحي (الامتصاصية) و (الانبعاثية) وللقانون السابق تطبيقات عملية كثيرة نافعة نذكر لك منها مثالا واحدا وهو أن [المحارم والأغطية الحرارية (الكهربائية) – Thermal Blankets] غالباً ما تصنع بحيث تغطيها من الخارج طبقة أو بضعة طبقات عاكسة للتقليل من فقدان حرارتها عن طريق التوصيل وما يبقى عليها إلا أن تفقد كميات ضئيلة فقط من طاقتها عن طريق الإشعاع وبذلك تكون مثالية التصرف للغرض الذي صنعت من أجله.]، هذا ويثبت لنا هذا القانون كذلك الحقيقة القائلة بأن العواكس الجيدة لابد وأن تكون ضعيفة الإشعاع عموماً.

لقد استطاع (كرشهوف) الإفصاح عن آرائه ونشر استنتاجاته في بحثه المنشور في عام 1859، والذي كان بعنوان

Uber den Zusammenhang von Emission und Absorption von Licht und Warme –(On the Relation Between Emission and Absorption of Light and Heat)

(حول العلاقة ما بين إشعاع وامتصاص الحرارة والضوء)، وقد جاء فيه ما يلي:

(تتساوى قيم نسبة قوة الانبعاث إلى قابلية الامتصاص لكافة الأجسام عند ثبات الطول الموجي للإشعاعات المعنية واحتفاظ الأجسام بنفس درجة حرارتها)، ولقد قام إضافة إلى تعريفه هذا بوضع صيغة أخرى لهذا القانون نشرها أيضاً ضمن نفس هذا البحث استخدم فيها النسبة بين القوة المنبعثة إلى القوة الممتصة والتي تعتبر (دالة – Function) للطول الموجي ودرجة الحرارة.

تكتب هذه الدالة بالأسلوب الرياضي الحديث كما يلي:

$$\frac{e}{a} = f(T, \lambda),$$

حيث يمثل T هنا – درجة الحرارة – مقاسة بعدد درجات كالفن المطلقة.

و λ– الطول الموجي و e – مقدار الانبعاثية – Emissivity. و a – مقدار الامتصاص – Absorptivity

كما تمثل الدالة f كامل طيف الانبعاث الموحد الذي يصلح لكافة الأجسام التي يمكن اعتبارها أجساماً سوداء، بمعنى أن لها قابلية امتصاص (كافة) الأشعة الساقطة عليها أي تكون قيمة (امتصاصيتها – Absorptivity) مساوية للعدد واحد (1).

ولفهم ما مر وما سيأتي علينا مراجعة بعض المصطلحات والانتباه إلى الجديد منها، فعلى سبيل المثال تشع كافة المواد والعناصر كمية من طاقتها بصورة (إشعاع حراري – Thermal Radiation)، لسبب بسيط تحتمه درجة حرارتها والحركة المستمرة لذراتها أو جزيئاتها. أضف إلى ذلك أن المواد جميعاً تمتص أيضاً كميات معلومة من الطاقة – وبأي صورة أخرى أو بصورة الحرارة ذاتها – لتعود لتحويلها إلى حرارة مرة أخرى تبعثها إلى الأجواء المحيطة بها بعد أن استلمتها منها.

لقد استطاع **(كرشهوف)** إثبات حقيقة أن كافة الأجسام التي تكون في حالة توازن حراري واستقرار مع محيطها لابد لها أن تتصف بصفة تساوي طاقتيها (أو قوتيها) المبعوثة (Emitted) والممتصة (Absorbed)، الأمر الذي يمكن التعبير عنه رياضياً بالمعادلة

البسيطة التالية: (e=a) حيث تمثل كل من (e) و (a) الانبعاثية وقابلية الامتصاص على التوالي. والآن إذا ما أخذنا بنظر الاعتبار إحدى حالات هذه الظاهرة الخاصة المتمثلة بمادة عاكسة نموذجية (Perfect Reflector) حيث يكون (a = o) وعليه وبالتعويض ستكون (e = o) مما يعني أنه يستحيل على العاكس المثالي أن يشع أبداً.

صرح ونبّه الناطق باسم (ايفيثرم – Evitherm) – وهو المعهد الافتراضي الأوربي للتعدين الحراري – (The Earopean Virtual Institute for Thermal Metrology)، إلى خطورة خاصية الانبعاثية – Emissivity) واكتسابها الكثير من الأهمية ضمن نطاق العديد من المواصفات العملية والحقول النظرية وذلك حين قال:

((تكتسب طريقة انتقال ومن ثم (اكتساب و/أو فقدان الحرارة عن طريق الإشعاع (Radiation) أهمية بالغة وبالأخص عند درجات الحرارة العالية أو في المساحات المفرّغة أو في الفراغ وذلك لأنها ستكون الطريقة الوحيدة للانتقال. وعليه ستكتسب خاصية (الانبعاثية) أهمية قصوى كونها المتحكم في كمية الحرارة المكتسبة أو المفقودة من قبل جسم ما، وعليه ستكون هي دالتنا الوحيدة لمعرفة طريقة ودرجات تبريده أو تسخينه. ولا يخفى ما لصناعة وهندسة وحتى ارتياد الفضاء في المستقبل من أهمية تعتمد مباشرة على إمكانياتنا على التنبؤ بخواص اكتساب و/أو فقدان الطاقة (الحرارية مثلا وحتى الراديوية والإشعاعية) من منشآت كالمباني العامة والبيوت الزجاجية الخضراء وقباب حماية الرادارات وهوائياتها (Radomes) إضافة إلى أسلوب صناعة السفن الفضائية وأغلفتها وطبقات ملابس رجال الفضاء الخارجية والكثير من المنشآت والمباني الصناعية والتي لها أهمية مباشرة على عمليات وحتى على دراسات طرق حفظ الطاقة والسيطرة عليها)).

تكتسب مفاهيم وقوانين الانبعاث (Emissivity) أهمية استثنائية في مجالات قياس الحرارة المنبعثة من المواد والعناصر المشعة (Radiation Thermometry) وذلك لتحديد درجة حرارة جسم (أو منشأة – أو قلب مفاعل) معين وذلك بالاستناد إلى قراءات تخص

إشعاعاتها الحرارية ومن ثم استعمالها كتطبيقات في (قانون بلانك للإشعاع – Plank's Law of Rediation) – [راجع الجزء الرابع IV من هذا الكتاب للتفاصيل].

تمكن عالمنا من وضع ثلاثة تأكيدات – أو خصائص – تصف وتحدد خواص أطياف بعض المواد المشعة، والمقصود (بالطيف Spectrum) هو الطريقة (الجدول أو المصور) التي توضح التغيرات في شدة انبعاث الإشعاعات من جسم معين عند أطوال موجية محددة). ويطلق العلماء اليوم على هذه التأكيدات بمجملها اسم (قوانين كرشهوف لتوليد الأطياف – Kirchhoff's Laws of Spectral Formation) والتي تصف السيناريوهات المختلفة المصاحبة لتصرف الأطياف المتغايرة وكما يلي:

1 – يصدر الجسم الساخن المعتم (كأي مادة صلبة، أو غاز كثيف) شعاع طيف مستمر كامل. والمقصود بـ (شعاع الطيف المستمر الكامل)، هو ذلك الذي يحتوي على موجات كهرومغناطيسية مشعة من قبل الجسم المعني بحيث تكون مستمرة ويحتوي على الأطوال الموجية بكافة قياساتها وخير مثال على ذلك هو الضوء الأبيض المرئي الاعتيادي.

2 – يصدر الغاز الشفاف (قليل الكثافة) الساخن طيفاً خيطياً يسمى بالانبعاث الخطي (أو الخط الناصع – Bright Line)، وبمعنى آخر فإن الغاز الساخن يبعث إشعاعات بأطوال موجية خاصة محددة تتحدد صفاتها بأسلوب التوزيع الذري للإلكترونات في مداراتها حول نواته.

3 – ينتج خليط غاز بارد شفاف (قليل الكثافة) يُرصد على خلفية مصدر يُطلق طيفاً مستمراً كاملاً ما يسمى (بخط الامتصاص –Absorption Line) وهو عبارة عن خط أسود داكن يحتل نفس موقع (الخط الناصع) للانبعاث الخطي الخاص بذاك الغاز. بعبارة أخرى ينتج شعاع الطيف المستمر الكامل المار عبر غاز قليل الكثافة، طيفاً مستمراً كاملاً حاوياً على خطوط أو مواقع سوداء قاتمة تحتل ذات مواقع الأطوال الموجية التي تشعها وتحتلها خطوط الغاز قليل الكثافة الوارد ذكره في النقطة (2) أعلاه.

تبرز أهمية هذه الأطياف الكاملة مضافاً أو مطروحاً منها بعض خطوط الطيف الخطي هنا وهناك إضافة إلى القوانين الثلاثة التقريبية المذكورة وتطبيقاتها، وتسترعي انتباها خاصاً من

قبـل الفلكيين لفهم أطياف النجوم، وذلك لأن الأجرام السماوية على وجه العموم والنجوم البراقــة الباعثــة للإشعاعات والطاقة على وجــه الخصوص دائماً ما تفعل ذلــك اعتماداً على درجات حرارتها ومختلف مكوناتها ولذلك فإنها تبعث بأشكال أطياف متنوعة وتشكيلات متغايرة تمكن رواد الفضاء والفلكيين على الأرض من استنتاج معلومات غاية في الأهمية من جراء دراستها ومقارنتها بما اكتنز لديهم من ملاحظات وأطياف ومقارنة معلومات عبر حقبة طويلة من الزمن.

الأطياف الذرية - ملاحظات مهمة:

تنتج الخطوط البراقة في طيف ذرة عنصر ما عندما تمتص إلكترونات تلك الذرات طاقة معينة تُحتــم عليها (القفز) إلى مستوى طاقة أعلى من مستواهــا الحالي (أو الطبيعي)، تعود فتفقدها عند رجوعها إلى مستوى طاقتها الأول. تعتمد مواصفات تلك الخطوط وألوانها على فارق الطاقة المفقودة إلى الفضاء والناتجة من رجوع تلك الإلكترونات من مستوى الطاقة الأعلى إلى المستوى الأدنى. وتنتج خطوط الطيف الخيطية (السوداء الداكنة) نتيجة امتصاص إلكترونات ذرة مــا للطاقة المتولــدة في تلك الأماكن من الطيف (بالــذات) لتستخدمها في صعودها إلى مستــوى طاقة أعلى. هذا وتكتسب قيم مستويات طاقــة ذرة معينة لأي عنصر ذات المقادير والمواصفات المفروض تواجدها وتتمتع بها كافة ذرات ذلك العنصر.

لخطــوط طيف الامتصاصــ مواصفات محددة لكل عنصر موجود علــى سطح الأرض و/ أو في الفضــاء بحيث يمكننا اعتبارها واستخدامها (كطبع بصمة أصبع – Finger Print) لذلــك العنصر تُعرفنا عليــه وبطريقة علمية لا تقبل الشك ولا الخطــأ مطلقاً. هذا وقد لاحظ الكثــير من العلمــاء والفلكيون المعنيون بدراســة الشمس وتقلباتها ومنــذ أوائل العقد الاول مــن القرن التاسع عشــر (1800s) وجود المئات من الخطوط الســوداء القاتمة تتخلل مختلف مساحات طيف الإشعاعات الكهرومغناطيسية المتولدة من قبل الشمس والواردة إلى الأرض عنــد تسجيلها. أضف إلى ذلــك أن صور أطياف تلك المُراقبات لم تكن أطيافاً مستمرة كاملة تحتوي على لون واحدة أو مجموعة ألوان بعينها وإنما كانت مزيجاً غير متجانس من كامل مدى

الطيف الكهرومغناطيسي من أمواج تحت حمراء وضوء مرئي وأمواج فوق بنفسجية وسينية فائقة وكاما إلى آخره. أما ظاهرة وجود المئات من الخطوط السوداء الداكنة المتداخلة مع بقية خطوط الطيف فقد أقلقت العلماء وأعيتْ تفسيرهم إذ إنها كانت تعني – وببساطة – أن قسماً من الإشعاعات الضوئية – المرئية على الأقل – والمنبعثة من كتلة الشمس كان يتم امتصاصها وبضمن أطوال موجية محددة بذاتها قبل وصول كامل الطيف الكهرومغناطيسي إلى الأرض لتسجيله. لقد كان الفيزيائي الألماني [جوزف فون فرونهوفر Joseph von Fraunhofer (1787–1826)] من أوائل العلماء الذين لاحظوا تلك الظاهرة وتمكنوا من تسجيلها فعُرفت تلك الخطوط، ومنذ ذلك الحين (بخطوط فرونهوفر) تيمناً به واعترافاً بفضله في اكتشافها ووصفها.

ولعل من المناسب بل ومن السهل على الكثير من القراء تصور حقيقة قابلية الشمس على توليد الطيف الكامل المتصل من الموجات الكهرومغناطيسية وبمختلف أطوالها وتباين ترددداتها، ولكن قد يصعب عليهم تصور وجود أو إنتاج الخطوط السوداء الداكنة الظاهرة في مراقبات أطياف الشمس المسجلة... إذ كيف يمكن للشمس أن تمتص الضوء (أو جزء منه على الأقل) الذي تنتجه هي ذاتها وتطلقه باتجاهنا؟

ولتفسير ما سبق يمكننا تصور الشمس ككرة ملتهبة من الغاز الحاوي على العديد من أنواع الذرات التابعة لعناصر مختلفة تقوم بتهييج الكتروناتها بتأثير حرارة الفرن الذري التي تعيش بداخله وما أن تعود تلك الإلكترونات إلى مسارات دورانها الاعتيادية حتى تفقد طاقتها الزائدة (وبأقدار معلومة) لتصدر أطياف ألوانها الخاصة بها، وعليه يمتاز الضوء الصادر من طبقات الشمس السطحية [والمسمات (بالفوتوسفير – Photosp here) – وتعني كرة الشمس الباعثة والمولدة للألوان] بحيازته على طيف كامل مستمر يحوي كافة الألوان. والآن وبمرور طيف الألوان الكامل خلال طبقات الشمس (أو النجم) العليا فإن بعضا من ألوان طيفه (أي بعض الأطوال الموجية المحددة من طيفه ذوات الترددات المعنية) سوف تُمتص من قبل المواد والعناصر الموجودة في تلك الطبقات الخارجية آنفة الذكر، وينتج

عـن عملية الامتصاص المحدد المتخصص ما يعرفه العلماء والعامة كالخطوط السوداء الداكنة في طيـف شمسنا أو في أطيـاف بقية النجوم. وقد يخطر لبال أحدكم - كما خطر على بالي - مشابهة ما سبق لحالة (تقليل) شدة الألوان على شاشة التلفزيون حتى تظهر الصورة وكأنها تبـث بلونين فقـط (الأسود والأبيض)، ففـي حالة الشمس يمكننا تصـور العديد من مفاتيح التحكـم (كل واحد منها يمثل لونا معيناً - خاصاً بعنصر معين) تقوم بمجموعها بتعديل شدة إضـاءة الألوان المعينـة التي تمثلها وتقللها إلى الحد التي تظهرها بلونهـا الأسود، وعلى شاشة تلفزيون بهذه العظمة سوف يظل بإمكانك رؤية (الصورة) الملونة مع وجود بعض (أو كثير) مـن الخطوط السوداء هنـا أو هناك والتي تؤشر أماكن فقدانهـا لألوانها وتحول مواضعها إلى اللـون الأسود. فلو تخيّلت شاشة تلفزيونية تُريك حديقة شاعرية غناء تضم حبيبين متضامين بين آلاف الزهور الحمراء، وقد تم امتصاص معامل اللون الأحمر منها، فما ستراه هو شخصين غارقين في السواد[1]، أما بالنسبة للنجوم وخطوط امتصاص أطيافها فإنها تُعلمنا بالضبط عن المكونات والعناصر الكيميائية التي تشكل وتكون الطبقات الخارجية التي تحيط بها.

وبواسطـة هـذه الطريقة التي يسّرنـا شرحها آنفـاً وبدراسة وتصنيف العديـد والعديد من خطـوط (الأطوال الموجية) المفقودة من طيف الشمس وبمقارنتها بخطوط التوهج واللمعان التـي تصدرهـا الحالة الغازية للعديد من العناصر النقية والموجـودة لدينا هنا على الأرض بعد تبخيرهـا، تمكّن العلماء والفلكيون من تحديد مالا يقل عـن سبعين عنصراً محدداً معروفا على الأرض أثبتت خطوط الامتصاص الطيفي المستلمة من الشمس وجودها هناك.

للفضوليين فقط:

• اكتشـف (كرشهوف) وثبّـت حقيقة مقدار إزاحة الإشـارة الكهربائية المنطلقة خلال

(1) ذكرت ملابس السباحة الحمراء في أصل النص ضمن مسلسل الأكشن الأمريكي (Baywatch) الأكثر مشاهدة (1.1 بليون مشاهد إسبوعياً) والذي استمر للأعوام (1990 - 1999) و(1999 - 2001). (المترجم)

سلك عار بمقاربتها لسرعة إزاحة الضوء في الفراغ.

• تسلم (جون ماثر – John Mather) أحد علماء مركز طيران (كودارد – Goddard) الفضائي التابع لوكالة الطيران والفضاء الوطنية الأمريكية (NASA) وموقعها في مدينة (الحزام الأخضر – Greenbelt) في ولاية (مريلاند – Maryland) الأمريكية جائزة نوبل للفيزياء في عام (2006)، وذلك لأبحاثه التي تضمنت عمله على إثبات صحة تطابق القيم ما بين المنحيات النظرية المتوقعة لطريقة إشعاع الأجسام السوداء في درجة حرارة (2.7) كالفن المطلقة وما بين خلفية الإشعاعات الكونية الآتية إلى الأرض من أعماق الكون السحيقة، وتمكن بعمله هذا من إثبات حقيقة كون (الكون) الذي نعيش فيه الآن (كان) وفي مرحلة معينة بُعيد (الانفجار العظيم – The Big Bang) عبارة عن جسم أسود شبه مثالي.

أقوال مأثورة:

– توفر لنا طريقة التحليل الطيفي – وكما شرحناها سابقاً – طريقة مدهشة وسهلة نسبيا لاكتشاف وجود وتحديد هوية بعض العناصر الموجودة في مادة نظامنا الشمسي. وبهذه الطريقة نكون قد أمطنا اللثام عن طريقة فعالة لتوسيع مدارك وميادين أبحاث الكيمياء وعلوم المواد إلى ما وراء حدود الأرض التي نعيش عليها، وربما حتى إلى ما بعد حدود المجموعة الشمسية التي تُضيفنا. لا تتطلب هذه الطريقة العلمية سوى تحليل ومشاهدة ومقارنة عينة مناسبة من الغاز المتوهج موضوع البحث والاستقصاء حتى نتعرف على نوعه وطبيعته وفيما إذا كان متوفراً في الغلاف الخارجي المحيط بشمسنا العزيزة أو ضمن أغلفة غيرها من النجوم البعيدة.

بنسن وكرشهوف

Gustav Kirchhoff and Robert Bunson (Chemical Analysis by Observation of Spectra), Annalen der Physik und der Chemie, 1860.

من مقتطف لبحثهما الموسوم (التحليل الكيميائي بواسطة المشاهدات الطيفية) المنشور في مجلة حوليات الفيزياء والكيمياء لعام 1860.

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولـد العالم والرياضي الألماني [كوستاف كرشهـوف (1824-1887) Gustav Kirchhoff] والـذي اشتهـر بقوانينه المختصـة بالدوائـر الكهربائية والإشعاعـات الكهرومغناطيسيـة في مدينة (كونكسـبرك – Konigsberg) في بروسيـا. كان والده محاميا ناجحـاً وكان هو طفلا حركاً نزقاً كثير الشغب والكلام رُغم حجمه الصغير نسبة لعمره آنذاك. قُبل في جامعة (البرتس – Albertus) في مدينـة (كونكسبرك – Konigsberg) لما بلغ عامـه الثامـن عشـر، وفـي الجامعـة تتلمذ علـى يـد الفيزيائـي الألمانـي الشهيـر [فرانز نيومـن (1798-1895) Franz Neumann] وتمكن خـلال تلك الفترة – التي شهدت بواكـير عبقريته – من التخطيط والشروع في تجاربه حول خواص وتصرفات التيارات الكهربائية.

تمكن من فهم وتوسيع أعمال الفيزيائي الألماني [جورج اوم (1789-1854) Georg Ohm]، حتـى تمكن من إعـلان قوانينه للدوائر الكهربائية في عام (1845) والتـي كان وقعها بالغاً وتأثيرها جماً حفّزت وساندت العلماء كثيراً في تحسين فهمهم وحساباتهم للتيارات الكهربائية والفولتيات (القوى الدافعة الكهربائية) والمقاومات في مختلف الدوائر الكهربائية التي تحتوي على دوائر داخلية وتشعبات تصميمية، كما ساعدت كثيراً في تفسير تصرف انسياب التيار وتغاير الفولتيات في الدوائر الحاويـة على العديد من التشعبـات أو العقد. ومما يجدر الإشارة إليه هنـا هو أن عمر (كرشهوف) آنذاك لم يكن ليتجاوز الواحد والعشرين عاماً وكان لا يزال طالبا مواظبا في الجامعة.

تخرج في عام (1847) من جامعة مدينته (كونكسبرك) وتزوج من الآنسة (كلارا ريشلوت – Clara Richelot) وهي ابنة أستاذه في الرياضيات. سافر الزوجان للاستقرار والعمل في ذات العـام إلى (برلـين) حيث حصل هو على منصب تدريسي في (جامعة برلين) ظل فيه لمدة سنتـين من عام (1848) وحتـى عام (1850). عُين في هذا العام بمنصـب الأستاذ المتميز في جامعة (برسلـو – Breslau)، وفي عام (1854) ترقى إلى منصب الأستاذيـة فـي الفيزيـاء فـي جامعة (هايدلـبرك – Heidelberg) حيث قيّض لـه القـدر فرصـة سانحـة للقـاء والعمـل مع الكيميائي الألماني [روبرت بنسن (1811-1899) Robert Bunsen].

وفي عـام (1859) اختمرت في ذهنه فكرة، وتمكن من اقتراح موضوعه بخصوص امتلاك كل عنصر من العناصر لمجال طيفه الخاص به ولا يشابهه فيه غيره – وقد كانت تلك أول خطوة نحو تحديد هوية العناصر المختلفة واكتشاف وتعيين المجهول منها بالضبط –، كما تقدم بقانونه الخاص حـول الإشعاع الحـراري (Law of Thermal Radiation)، الذي حوى فكرة ضـرورة كون تشابه بل تطابق صفات وخصائص ذبذبة الإشعاعات التي يمكن لأي ذرة عنصر أو جزيئـة منه مـن إشعاعها مع صفات وخصائص الذبذبات التـي تستطيع امتصاصها، بمعنى أن المـواد التي لها قابليـة إشعاع نمط معين من أنماط الطيـف الكهرومغناطيسي ستقوم بنفسها بامتصاص عين ذلك النمط من أنماط الذبذبات. تضافرت جهود (كرشهوف) و(بنسن) وتمكنا معـا من دراسة طيف الشمس في عـام (1861)، ثم تمكنا من تعيين وتحديد العناصر الكيميائية في الجـو المحيط بهـا. وفي دراستهما المهمة تلك تمكنا من تحديـد وجود عنصرين جديدين فيه همـا عنصري السيزيوم [رمزه الكيميائي (Cs) وعدده الذري (55) ووزنه الذري (132.9)] وعنصر الروبديوم [رمزه الكيميائي (Rb) وعدده الذري (37) ووزنه الذري (85.5)].

شـرح (جـون امسلـي – John Emsley) مؤلف كتـاب (وحدات بنـاء الكون) قصة اكتشافهما لعنصر السيزيوم بقوله:

((قام (كرشهوف) و(بنسن) بجمع (30،000) لتر من المياه المعدنية وقاما بغليها لفترات طويلـة، ثم تمكنـا – وبطرق كيميائية تحليلية معلومة – من إزالـة كافة ما تحتويه من أملاح عناصر الليثيوم والصـوديوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم والكالسـيوم والسترونشيوم. أما بقية السـائل المتخلف عن تلك التعاملات فقد تم تحويله إلى رذاذ نُثر على لهبه مصبـاح غـازي، وتـم تحليـل طيـف الضـوء الناتج من تهيج ذرات ذلك الرذاذ بواسطة (مطياف ضـوئي – Spectroscope). تمكن العالمان من تحديد خطين أزرقين نحيفين متقاربين من بعضهما البعض، لم يكن قد تم التعرف عليهما من قبل. وبناء على ذلك أدرك الباحثان بأنهما قد وضعا يدهما على عنصرين جديدين مجهولين لم يكونا قد عُرفا من قبل)).

عُرف (كرشهوف) واشتهر بكونه أول من عزا سبب ظهور الخطوط السوداء الداكنة في طيف

الشمس إلى ظاهرة (امتصاص) الضوء – وفي أجزاء محددة فقط من طيفه الممتد والمقابلة لأطوال موجيــة محددة بذاتها – خلال مـروره عبر الغازات التي تكون الأجـزاء العلوية البعيدة (كجو) الشمس. كمـا تمكن بمعية صديقه العالم (بنسن–Bunsen) من وضع(نظرية التحليل الطيفي – The Theory of Spectral Analysis) والتي مكنت العلماء من إجراء التحاليل الكيميائية للعناصـر بمجرد دراسة الضوء المنبعث من المواد الحاوية عليها. كما تمكنا من إثبات حقيقة قابلية كل عنصر على إشعاع طيف لوني خاص به متميز (تميز بصمة الأصابع الشخصية) يمكن بواسطته التعرف على ذلك العنصر عند تسخينه ودراسة طيف الضوء المنبعث منه وبطريقة لا تقبل الشك مطلقاً. شرح العالمان العبقريان أبحاثهما ونتائجهما في الورقة التي نشراها في عام (1860) تحت عنوان (التحليل الكيميائي للعناصر بواسطة دراسة أطيافها) والتي جاء فيها:

((إن لأسـلوب (التحليل الطيفي – Spectrum Analysis) قابلية متميزة لابد وأنها ستجعله واحداً من أهم أساليب الكشف عن العناصر المجهولة في نموذج أو حتى في التعرف على عناصر جديدة لم تُكتشـف بعد. وإذا ما تصـورنا إمكانية وجود بعض المواد و/أو العناصر في الطبيعة والتي تحرمنا كميات تواجدها الضئيلة من اكتشافنا إياها والتعرف إليها بواسـطة طرق التحليل الاعتياديـة والتقليدية المتوفرة لدينا الآن، فكلنا ثقة أن الطريقة الجديدة المكتشـفة وهي (طريقة التحليل باسـتخدام ودراسة الأطياف الضوئية) ستمهد لنا الدرب لاكتشاف ما لم يكن بإمكاننا اكتشافه من قبل وذلك بمجرد مراقبة ودراسة أطيافها الضوئية الناتجة من تعريض رذاذ موادها إلى شعلة المطياف.

لقد قمنا بالفعل باكتشاف بعض من هذه العناصر الجديدة وكلنا ثقة أن هناك في الطبيعة ما يزال منها الكثير الذي ينتظرنا لاكتشافه)).

كمـا تمكن (كرشهوف) من إثبات حقيقة أن أي مادة ومتـى ما وصلت إلى درجة الحرارة التي تؤهلها لبلوغ حالة (التوازن الإشعاعي – Radiative Equilibrium)، فإن اعتماد نسبـة قـوة امتصاصيتهـا (Absorptivity) الى اشعاعهـا (Emissivity) ستقتصر على الطول الموجي لتلك المادة وعلى درجة حرارتها فقط.

وكان أول مـن سك مصطلح (إشعاع الأجسام السوداء - Blackbody Rediation) في عام (1862).

توفيت زوجته (كلارا) في عام (1869) تاركة له أربعة أطفال صغار (... زغب الحواصل لا ماء ولا شجُـر)[1] لإعالتهـم وتربيتهم. ولا يخفى ما لتلك التركة الثقيلة من أثـر ومشقة على كاهل أي رجل ناهيك عن (كرشهوف) وحالته ومرضه وعوقه. لقد كان الرجل شبه مقعد يمشي على عكازين ويتنقل بواسطة الكرسي المتحرك فكان واجب رعاية أولاده من أصعب المحن وأجل الخطوب التي كان عليـه مجاراتهـا وتقبل تحديهـا. تزوج مرة ثانية في عـام (1872) من (لويـز برومل - Luise Brommel) والتي كانت تشغل وظيفة المشرفة على إحدى عيادات فحص البصر المحلية.

لعل خير ما تـرك لنـا (كرشهوف) من أعمالـه الخالـدة كانت الأجزاء الأربعة لعمله الرائع الذي أنجزه ما بين عامي (1876) و (1894) والذي كان بعنوان (Vorlesungen uber Mathematische Physik) - (محاضرات في الرياضيات الفيزيائية). أبّـنـه (روزنفيلد - Rosenfeld) في مدخله من رائعة (معجم سير العلماء الذاتية) وقد أحسن في بيان فضله في خُلقه وعلمه وأعماله حين قال:

((لقد ضـحّى (كرشـهوف) بالغـالي والنفيس وعانى كثيراً في سـبيل تحقيق الأصـالة والوضوح وتوثيق النسغ الكمي في كافة تجاربه ونتائج أبحاثه وذلك باتباعه للأسلوب المباشر الموصّـل إلى قلب الغاية، ودفاعه واسترشـاده دائماً بسـهولة العرض ووضوح الفكرة. لقد امتازت طريقته العلمية في التفكير بالوضوح التام في قيمتها العملية المباشرة (كمـا في حالة وضـعه لقوانين الدوائر الكهربائيـة وشـبكاتها) وفي تطبيقاتها البعيدة المترامية (كما في حالة وضـعه لأسس وأسـاليب التحليل الطيفي) سواء بسواء... أما كفاءته وامتيازه كمحاضر فذ وأستاذ جليل له خير إمكانية وقابلية على إيصال المعلومة

(1) تمازج في ذهني حال صاحبنا المسكين المبتلى بمرضه ورعاية أيتامه وحال الشاعر العربي (الحطيئة) وأولاده، ذلك الفحل الذي لم يسلـم مـن هجائه أحد حتى حبسه الفاروق عمر (رضي الله عنه) عندما هجا (الزبرقان بن بدر) واستعداه عليه. فتلمس (الحطيئة) عفو أمير المؤمنين (عمر) بقصيدة من بحر الرّمل مطلعها: (ماذا تقول لأفراخ بذي مرخ.. زغب الحواصل لا ماء ولا شجر) فعفا عنه (رضي الله عنه) وقد جاء ذلك في كتاب (جمع الجواهر في الملح والنوادر) للحصري القيرواني. (المترجم).

لتلامذته ومستمعيه فقد ظهرت جلية في كتابه المنهجي ومحاضراته (في أجزائه الأربعة) والذي ظل يُعتبر ناموســاً محترماً للتدريس الكلاسـيكي والأكاديمي لمواضـيع وحقول الفيزياء النظرية في كافة الجامعات الألمانية ولسنين عديدة....)).

بعــد وفاته تشرف الفيزيائي الألماني الشهير [ماكس بلانك (1947–1858) Max Plank] بتسنم منصبه في كرسي الأستاذية للفيزياء النظرية في (جامعة برلين) العريقة تقديراً لجهوده وتثميناً لأفكاره ومنزلته العلمية وإنجازاته.

أُطلق اسمه على أحد فوهات القمر بقطر (24 كيلو متراً)، ووافقت وأثنت الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين على تلك التسمية في اجتماعها المنعقد في عام (1935).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Cardwell, Donald. *James Joule: A Biography* (Manchester, U.K.: Manchester University Press, 1991).

Crowther, James G., *British Scientists of the Nineteenth Century* (London: Paul, Trench, Trubner & Co., Ltd., 1935)

Damour, Thibaut, "Black-Hole Eddy Currents," *Physical Review D*, 18(10–15): 3598–3604, November 1978.

Heilbronner, Edgar, and Foil A. Miller, *A Philatelic Ramble Through Chemistry* (Zurich, Switzerland: Helvetica Chimica Acta, 2004).

James, Ioan, *Remarkable Physicists: From Galileo to Yukawa* (New York, Cambridge University Press, 2004)

Joule, James, "On the Calorific Effects of Magneto-Electricity, and on the Mechanical Value of Heat," *Philosophical Magazine*, 23: 263-276, September, 1843.

"James Prescott Joule," in *Notable Names Database*, Soylent Communications, see www.nndb.com/people/275/000049128/.

KLS Martin Group, "Electrosurgery Manual," Gebrüder Martin GmbH & Co.: see www.klsmartin.com/fileadmin/download/Sonderdrucke PDF/90-604-02-04_09_06_Handbuch_HF.pdf..

Lamont, Ann, "James Joule: The Great Experimenter Who Was Guided by God," in *Answers in Genesis*; see www.answersingenesis.org/creation/v15/i2/joule.asp.

Rosenfeld, L., "James Joule," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

- ستجد خلال بحثك عن النظام وقوانين الطبيعة، أن هناك الكثير منها التي ترتبط وبمستوى أعمق

بغيرهـا من القوانين، وهذه القوانين الأكثر عمقاً والأعم شـمولية سـترتبط بدورها بقوانين أخرى أشـد عمقاً وأكثر شـمولية.... وهكذا، حتى تصل إلى مركز الشبكة والى لُب المراد، عندها لن تجد سوى عدد محوري قليل محدود من القوانين الأساسية المبدئية والتي تعمل لجمع وتوحيد و(لصق) بقية القوانين ببعضها البعض لتكوين شبكة كامل القوانين الطبيعية برمّتها.

ويُطلق على هذه القوانين الأساسية مسمى (قوانين الطبيعة – Laws of Nature)... وإذا جـاز لنـا اسـتعارة الجملة الشـهيرة من قصـة (حقل الحيوان – Animal Farm)[1] فسنقول: ((إن كافة القوانين مهمة ومتسـاوية... ولكن بعضها اكثر أهمية وأشد مساواة من غيرها!!))... لم ولن يمكن جمع العلماء على كلمة فصل سواء بينهم حول ماهية (أمهات القوانين)، ولا على (المبادئ التي تقع على عاهلها مهمة جسر البقية)، ولكنك سـتجابه – وبلاشك – صعوبات جمة إن استطعت أن تجد عالماً أو تُقنعُ آخر بعدم وجودها.

تـريفل

James S. Trefil، (The Nature of Science، An A-Z Guide to the Laws and Principles Governing Our Universe)، 2003.

مقتطفة من كتابه الجميل: (طبيعة العلوم: المرشد الأبجدي للقوانين والمبادئ التي تحكم الكون).

• **إن أي قانون من قوانين الطبيعة هو أولا وقبل كل شيء (قانون) بكل ما تكتنزه الكلمة وبكامل ما يحتويه المصطلح من أبعاد فكرية ولغوية، وهو تبعاً لذلك شخصية معنوية كاملة الملامح واضحة الحدود لها كيانها الخاص بها. وإضـافة القانون للطبيعة بقولنا (قوانين الطبيعة) تتضـمن علاقتها (بالطبيعة ذاتها) بطبيعة الحال أي علاقتها بالعالم الحقيقي الطبيعي. قد يصـعب تصـور العلاقة البينة بين المفهومين وإدراك الرابـط بينها أول الأمر.... ولكن لا أحد يناقض فكرة كون انضـباط العـالم (أو الكون) وفهمنا لهيكلته**

(1) واحدة من رائعتي الكاتب والصحفي الإنكليزي [ارك آرثر بلير – 1950–1903) Eric Arthur Blair)] والذي اشتهر باسـم شهرة كتاباتـه (كجورج اوروول – Georg Orwell)، وهـي قصة كارتونية على لسان الحيوان تناهضـ الأفكار الشمولية المناوئـه لتسـاوي الحقوق والواجبـات. أما رائعته الثانية فهـي (في1984–1984 On) والتي كتبها في عـام (1948) وهي رواية سياسـية اجتماعية نقدية هادفة لايزال أثرها حاضـراً حتى اليوم في علوم السياسة والاجتماع ومناهج الإعلام الجماهيري. نُشرت له العشرات من الكتب والمقالات ودخل اسمه كمصطلح فكري (Orwellian). (المترجم).

قـد نبعتْ من إدراكنا لقوانينه. لقـد أطلق (بوبر – Popper)[1] على هذا الافتراض مصـطلح (قانون الشرعية – Law of Lawfulness).

متلستد و وينكارنر

Peter Mitlelstaedt and Paul A. Weingartner، (Law of Natuse) 2005.

مقتطف من كتابهما (قوانين الطبيعة).

• ما هي يا تُرى احتمالات حصول رجل على ترتيب مناسب لعشرات ومئات الحروف تظهر أمامه على شـكل قصـيدة موزونة مقفاة أو على شكل قطعة نثرية فلسـفية عالية الجودة ثرية البناء والمضمون، هذا إذا افترضنا خلطه بعشوائية لمئات وآلاف الحروف في جعبة ثم إطلاقها لتفترش بعفوية تامة أرضَ غرفة أو سطحَ طاولة؟ والآن إذا افترضت استحالة حصولك على ضربة الحظ تلك وباعدتْ بينك وبين احتمال إنتاج العشوائية ولو لكتاب بسيط مُيسّر، فما بالك بصناعة وتنظيم ودقة وتصميم كتاب الكون العظيم؟ وكـم من المرات عليـك أن تُجرب نثرك (وبعفوية تامـة) لكثير من الألوان ورميها هنـا وهناك على قطعة جنفاص بيضاء قبل توصُلك (افتراضيـاً) إلـى رسم صورة رجل جالس عند عقب شجرة وبيده زهرة؟

والآن ما هو جوابك يا ترى إذا سـألناك أيّهما أصـعب صـناعةً وفناً أتكوين صورة أم خلق بشر؟ وكم من الوقت وما عدد المحاولات التي على عشرين ألفاً من مكفوفي البصر أن يقوموا بها إذا ما أوصـيناهم بالانطلاق من أنحاء مختلفة من(بريطانيا) ليجوبوا أقطارها وأريافها ويصعدوا جبالها ويهبطوا أوديتها قبل أن ينتظموا كما تنتظم كتيبة مشـاة حربية مدربة بذات النسـق وبأتم الاسـتعداد تحت مشارف برج لندن الشهير؟... هذا إذا افترضنا أنك لم تخبرهم بهدفهم هذا قبل انطلاقهم من أماكنهم أصلاً!!

ومع صعوبة تصور واستحالة حدوث كافة أمثلتنا الخيالية السابقة، فإنك ستجدها أهون حملاً وأيسر تحقيقاً من تصـور ذلك الموعد العظيم المهيب الذي كانت قد ضربته (لنفسـها) المالا نهاية من بلايين بلايين

(1) (1808–1889) – Albert Popper صيـدلاني وطبيـب يهـودي ألماني عاش في فترة حُدد نسل اليهـود فيها قانوناً في مقاطعة (وينتربرك – Winterberg) ومُنعوا من تملك الأراضي. حصل هو على استثناء مكنه من دخول (جامعة فيينا) والحصول على شهادة الدكتوراه منها في علوم الصيدلة. مارس الطب والصيدلة وكان طبيب أمير مقاطعة وشوارزنبرك (schwarzenberg) الخاص. (المترجم).

ذرات الكون وجميع جزيئاته لتلتقي كلها جميعاً وبقيم طاقة معروفة وبأشـكال مواد موصـوفة وبنجوم وكواكب وأحجام وأبعاد مضبوطة ومدروسة لتشكل كوننا الذي منحنا نعمة العيش فيه دون أن ندري به وبلا حول لنا تجاهه ولا قوة!! (أليس ذلك هو صنع الله الذي أبدع كل شيء؟!!).

تيلوستون

John Tillostone، (Maxims and Discourses، Moral and Divine)،1719.

مقتطف من كتابه (المبادئ والأنظمة والأعراف والمقدسات).

قانون كلوزيس للديناميكا الحرارية

GLAUSIUS'S LAW OF THERMODYNAMICS

ألمانيا، 1850

لابد لمقدار التغيير في قيمة انثالبية أي عملية في الكون أن تكون مساوية أو أكثر من الصفر. تنساب الحرارة ذاتياً من الأجسام الساخنة إلى الباردة وليس العكس.

محاور ذوات علاقة:

القانون الأول للديناميكا الحرارية (THE FIRST LAW OF THE RMODYNAMICS)، والقانون الثاني للديناميكا الحرارية (THE SECOND LAW OF THE RMODYNAMICS)، والقانون الثالث للديناميكا الحرارية (THE THIRD LAW OF THERMODYNAMICS)، وقانون هس لمجمل الحرارة الثابتة (HESS'S LAW OF CONSTANT HEAT SUMMATION)، وطاقة كبس الحرة (GIBBS FREE ENERGY)، وسادي كارنو (SADI CARNOT)، ولودوك بولتزمن (LUDWIG BOLTZMANN)، ووالتر نرنست (WALTER NERNST)، وجيمس جول (JAMES JOULE)، وجيمس كلارك مكسويل (JAMES CLERK MAXWELL).

من أحداث عام 1850:

– تم قبول انضمام كاليفورنيا كالولاية الحادية والثلاثين إلى الاتحاد الفدرالي للولايات المتحدة الأمريكية.

– تم إنشاء شركة الخدمات المصرفية المضمونة والسريعة[1] من قبل كل من (هنري ويلز – Henry Wells) و (وليم فاركو – William Fargo) باسم (الأمريكي السريع) تلك

(1) (Am Ex) – American Express – وهي شركة مالية تجارية أمريكية متعددة الاهتمامات، أُسست في عام (1850) ومقرها مدينة نيويورك، وهي واحدة من (30) شركة مرموقة مدرجة في معدلات (داو جونز – Dow Jones) الصناعية. وخير ما تُعرف به هذه الشركة هو إصدارها لبطاقاتها الائتمانية – Credit Card) و (بطاقات الدفوعات – Charge Cards) و(شيكات المسافرين Traveler's Cheque). تبلغ قيمة أصولها (1.94) بليون دولار ويبلغ مقدار السيولة ضمن بطاقتها الائتمانية 24% من مجمل السيولة الأمريكية المتداولة بالدولار. (المترجم).

الشركة التي حققت نجاحات عظيمة.

- ابتدأ الأمريكي من أصل إفريقي والمناهض الشهير للعبودية ونظامها (هارييت تبمان – Harriet Tubman) بمساعدة العبيد فعليا للهرب إلى الولايات الأمريكية الشمالية الحرة وكندا وذلك باستخدام طريقة حفر الأنفاق وعن طريق خطوط سكك حديد المناجم المهجورة تحت الأرض.

نص القانون وشرحه:

يعتبر (قانون كلوزيس) هذا من بواكير إنتاجاته العلمية وهو بالحقيقة يمثل (القانون الثاني للديناميكا الحرارية – The Second Law of Thermodynamics) وينص على **ميل أي نظام مغلق معزول تماماً دائماً إلى زيادة مكنونه من كامل مقدار** (انثالبيته – Entropy). والمقصود بها هنا مقدار زيادة ما يحويه هذا النظام من عدم ترتيب بمرور الوقت حتى يصل بها إلى قيمتها العليا داخله ولو بعد حين. ويمكننا التفكير عمليا بما نقصده من تعبير (الانثالبية – Entropy) في حالة أي نظام حركي حراري مغلق (كماكينة السيارة مثلا) بأنها طريقة لقياس مقدار الطاقة المتبددة كحرارة منها، والتي لم يمكن تحويلها إلى (شغل – Work)[1] نافع في تلك الماكنة.

لقد تمكن الفيزيائي والرياضي الألماني [رودولف كلوزيس – Rudolf Clausius 1822-1888] في عام (1865) من وضع قانونيه الأول والثاني في الديناميكا الحرارية واللذين نصا على مضمونهما باللغة الألمانية على الشكل التالي:

(Die Energie dex Welt ist Konstant، die Entropie der Welt strebt einen Moximum zu).

والذي يعني:

1 – أن كامل مقدار الطاقة في الكون ثابتة.

---

(1) راجع معنى الكلمة في صفحة (653). (المترجم). أي

$W = \Delta E_k = E_{k2} - E_{k1} = \frac{1}{2} m (V_2^2 - V_1^2)$ أو $W = F.d$ أو $W = \int p\,dV$

2 – تميل انثالبية الكون دائماً إلى الازدياد.

يهتم موضـوع (الديناميكا الحرارية – Thermodynamics) في الفيزياء بدراسة ظاهرة الحـرارة ويمكن تعميمه ليشمل دراسة كل ما له علاقة بعمليـات انتقال كافة أشكال الطاقة من وإلى أي صـورة أو شـكل، وقد تعجب (حقيقةً) من العدد الهائـل والصور المتباينة التي يمكننا بواسطتها التعبير عن واقع (**القانون الثاني للديناميكا الحرارية**) هذا، فعلى سبيل المثال فإن كل ما في الكـون من طاقة ومادة يميلان طبيعياً إلى بلـوغ أقصى حالة ممكنة من التجانس، هذا من جهة، ومن جهة ثانية يمكننا وبصورة غير مباشرة اعتباره أيضاً مسؤولاً عن تردي حالة دورنا مع مرور الوقت إذا ما تركناها بدون تنظيف وعناية، والى مرض أجسامنا إذا ما أهملنا نظافتها وإطعامها بالصورة اللائقة وترييضهـا، وإلى تدهور مظهر وكفاءة سياراتنا إذا ما أهملنا تزييتها وصيانتها الدوريـة. لقد عـبرت، حتى الأعمال الأدبية عـن مضمون القانون الثـاني للديناميكا الحرارية مباشرة أو ضمناً وذلك في عدة مناسبات؛ منها ما جاء على لسان الطبيب والأديب الإنكليزي الرائع (وليـم سومرست مـوم – William Somerset Maugham) في رواية (طغيان البشـر – The Human Boudage) والتي جاء فيها (**لا فائدة ترجى أبداً من البكاء على كوب الحليب المسكوب، فلو اجتمعت كل قوى الكـون لما جُمع ما انسكب**). أمـا المخـرج الأمريكـي (وودي الن – Woody Allen) فقد وضع (التفسير الحديث) لمعنى هذا القانون على لسان أحـد أبطـال فلمه (زوجـات وأزواج) والذي أخرجه في عام (1992) عندمـا قال: « **تباً لهذا القانون الثاني في الميكانيكا الحرارية، فإنها كلها بسـببه؛ عاجلا أم آجلاً فكل شـيء في الحياة سـيتحول إلى (حثالة – Shit)**[1]**، وهذا هو تعبيري الخاص ولا للموسوعة البريطانية ولا لكل علومها شأناً به!!** ».

هـذا وبالإمكان التعبير عن هذا القانون بالعديد من الصور والأشكال، ولعل أبسط صورة رياضية له هي:

$$\boxed{\frac{dS}{dt} \geq 0.}$$

(1) آثرت اختيار هذه الكلمة بدل الترجمة (الحرفية) للكلمة احتراما لذوق القارئ الجليل.(المترجم).

حيث تمثل S – كامل مقدار انثالبية أي نظام محصور.

و dS/dt – هو مقدار دالته مع الزمن، والتي قد تبلغ مقدار الصفر الحسابي فقط في حالة بلوغها مقدار المساواة النهائي.

علينا كلما تمعنا (**بقانون كلوزيس**) أن نُفرِّق ما بين الظواهر الذاتية (كمثل ميل قدح ماء ساخن إلى البرودة التدريجية في درجة حرارة الغرفة الاعتيادية دونما أي حاجة أو ضرورة لأي قوة خارجية لتدفعه لذلك) وبين الظواهر غير الذاتية (والتي لا يمكن أن تحدث أبداً بدون تدخل خارجي). لقد صاغ (كلوزيس)، وفي بداية حياته العملية (قانونه الثاني) بالشكل التالي: (لا يمكن للحرارة أن تنتقل من جسم بارد إلى آخر ساخن ذاتي). واليوم، وبالتعبير العلمي الحديث نقول بأن [**(انثالبية) أي نظام مغلق تميل عموماً إلى الازدياد لدى حدوث أي ظاهرة ذاتية**]. وعلى رغم اتفاقنا الجامع المسبق بأن (كامل مقدار كمية الطاقة في الكون لابد وأن تُحفظ) بمعنى أنها لا تفنى ولا تستحدث حتى ولو انتقلت من شكل إلى آخر، إلا أن ذلك الانتقال لا يمكن إرجاعه القهقرى إذا ما تم ذاتياً. تبردُ الأجسام الساخنة دائماً، ولكن يستحيل على الأجسام الباردة أن تسخن ذاتياً بدون تسليط طاقة خارجية عليها لتسخينها.

وعليه بالإمكان إعادة صياغة القانون الثاني ليكون:

$$\boxed{dS = \frac{dq_{\text{reversible}}}{T}}$$

حيث تمثل dS – مقدار معدل تغير (انثالبية) أي نظام و dq – مقدار الطاقة المنقولة إلى ذات النظام على شكل حرارة و T – درجة الحرارة بالمقياس المطلق (كالفن).

والمصطلح الإنكليزي (reversible – انتقالي) يعني أن قابلية انتقال الحرارة في هذا النظام لابد وأن تتم بصورة يمكن عكسها، أي بمعنى بدون تكوين أي (انثالبية) إضافية غير تلك التي يحتويها النظام بذاته. ومن الجدير بالذكر أن مقدار الحرارة المنقولة لأي نظام لابد وأن تنتج مقداراً أكبر من التغيير في (انثالبيته) حينما تكون درجة حرارته واطئة مقارنة فيما لو إذا كانت درجة حرارته أعلى قليلا أي قريبة من درجة الحرارة المنقولة إليه، وتتجلى أهمية تلك

المعادلات بعدم اقتصار تطبيقاتها علــى المكائن والمحركات والتشكيلات الميكانيكية خلال اشتغالها ودورانها فحسب، وإنما تتعدى ذلك إلى الاستفادة منها في تفسير ما لا حصر له من المشاهــدات الطبيعية والتطبيقات العملية في حياتنا اليومية، فهي قد تمكنت بالفعل من إثبات وجودها في مجال واسع من المواضيع والمناقشات، تراوحت ما بين طلاسم الفلسفة وأعاجيب علوم الفلك.

تمكــن الفيزيائــي النمساوي [لودفك بولتزمن (1906 – 1844) Ludwig Boltzman] من توسيع المفهوم المقصود بالتعاريف المقتضبة (**للاثنالبية**) و (**قانون كلوزيس**) عندما اعتبرها أسلوباً وطريقة لقياس مقدار (**الفوضــى**) التي يحتويهــا أي نظام والتي تُعزى لحركة جزيئاته بتأثير إضافة أي كميــة من الطاقة الحرارية إليه. وعليه وكمثال توضيحــي للمقصود تعتبر إضافة أي كمية من الحرارة إلى أي نظام بدرجة حرارة واطئة محددة سبباً مباشراً لإحداث تغيرات مهمة جداً في مقدار الفوضى الناتجة عن زيادة نشاط وحركة كافة جزيئاته.

يفرض (**القانون الثاني للديناميكية الحرارية**) شروطاً صارمة وتقيدات بينة على طرق وأساليب اتجاه انتقال الحرارة وحدود الكفاءة الفعلية العملية التي يمكن للمكائن الحرارية أن تبلغها ولا يمكنهــا أن تتعداها، حين ينص على استحالة إتمام أي عملية فيزيائية محددة (تجري داخل نظام مغلــق، أي لا يستمد أي طاقة إضافية مــن خارجه) باستخدام الكمية المحددة (بالضبط) من مقدار الطاقة اللازمة لإنجازها وذلك يعود – وببساطة – إلى حتمية خسارة بعض تلك الطاقة وبطريقة ما (غالبا ما تكون على شكل حرارية ضائعة) إلى خارجها. يفسر فحوى هذا المثال وحقيقة ما ينطوي عليه (**القانون الثاني الديناميكا الحرارية**) حقيقة استحالة تحقيق الكثير الجم من مكائن الحركة الذاتية الدائمة وفشلها الذريع.

يؤكــد (**القانون الثاني للديناميــكا الحرارية**) من زاوية أخرى على ميــل أي نظامين مختلفين في درجتــي حرارتيهما و/أو ضغطيها و/أو كثافتيهما إلى الجنوح إلى التساوي والتماثل في كافة خصائصهما السابقة إذا ما اتصلا ببعضهما. وإليك هذا المثال لتوضيح ما سبق؛ عندما توضع قطعــة معدنية ساخنــة في حوض ماء بارد فإنها ستفقد حرارتها وتــبرد على حين يبدأ الماء في

الحوض باكتسابها حتى يتم التساوي والتماثل بين درجتي حرارة القطعة المعدنية وحوض الماء التي غُمرت فيه. وفي خطوة تالية تدلنا كافة تجاربنا – وما ينص عليه ذات القانون فعلا – هو استحالة القيام بـ... أو انجاز أي شغل نافع من قبل أي نظام مغلق معزول عما سواه إذا ما بلغت درجة استقراره. ولابد من وجود طاقة خارجية – وبشكل ما – يتحتم عليها أن تجد طريقها إليه إذا ما رُمنا عكس ذلك، وعليه يُحرّم علينا (**القانون الثاني للديناميكا الحرارية**) إمكانية تصنيعنا لأي شكل من أشكال المكائن أزلية الحركة.

يدعـم القانون الثاني للديناميكا الحرارية – وبقوة – المؤمنين بنظرية الخليقة ويساندهم، بما أنـه ينص على استحالة بناء النظام من الفوضى وعدم تمكـن أي طاقة دنيا من رفع مقدار أي طاقة تفوقها إلى مستوى أعلى فلابد إذاً لكل هذا النظام الخلاق في الكون ولكل تلك الطاقة التي يكتنزها الكون من مبدع وموجد (سبحانه). وفي إدراكنا لهذا التعميم الشامل والتمثيل البديـع علينـا أن ندرك أن معظم مقـدار النظام والترتيب والطاقـة وتحولاتها في الكون ومن ضمنها كرتنـا الأرضية وطبيعتنا التي نعيش فيها محفوظاً (ومحفوظةً) بصورة ذاتية وهو الذي يدفـع بالفعل (ببلورة) الماء المتجلد إلى تكوين أشكالها البلورية السداسية الخلابة... مع العلم بـأن هـذا (القانون) لا يمنـع ولا يمانع من تكوّن وتكوين جيوب طاقة هنـا وهناك في ارجائه تتمثـل بأنظمة أو كيانـات فائقة النظام والترتيب هنا أو هنـاك. يتضح هذا التفكير ويكتسب واقعيتـه من حقيقة قيام الشمس (بضخ) الطاقـة اللازمة لرفع نسبة النظام على هذا الكوكب وتقليل (انثالبيته) العامة وذلك بصورة شبه أزلية. فطاقة الشمس هي المسؤولة فعلا عن إدامة (عملية التركيـب الضوئي – Photosynthesis) على هـذا الكوكب والتي تعتمد عليها كافـة أنواع الحياة النباتيـة، المسؤولة بدورها عن إدامة الحياة الإنسانيـة والحيوانية الأخرى. ونلاحـظ هنا أن القانون المشـار إليه موضوع البحث يدعـو إلى.... ويدافع عن حقيقة ميل الأنظمـة المغلقة دائمـاً إلى فقدان نظامها (بمعنى زيادة مقـدار انثالبيتها) ويجعل من احتمالية نقصانها أمراً مستبعداً، ولكنه لا يستبعد أبداً نقصانها العام – على ظهر كوكبنا الأرض مثلا – بفعل منسوب الطاقة الدائم الوارد إليها من الشمس. كما أنه لا يمانع أبداً من اكتساب الأنظمة

الفرعية ذاتية التصرف التي تكون نظاماً واحداً أساسياً من اكتساب الترتيب الإضافي وإنقاص ما فيها من انثالبية – ولكن فقط على شرط فقدانه لنظم فرعية أخرى داخلهُ لشيء من نظامها وعلى أن يُكون الاثنان خاضعين لنظام كبير واحد مغلق يفقد هو بدوره – وباستمرار – من (مقدار ترتيبه) أي تزداد (انثالبيته) وهذا هو عين المقصود بهذا القانون.

وكما ذُكر بشأن كافة القوانين التي جاء هذا الكتاب على ذكرها فإن وضع وابتكار (قانوننا الثاني في الديناميكا الحرارية) هذا، لم يكن ليأتي من مخاض فكر واحد ولا لينتج من قبل، أو يُعزى إلى شخص واحد، فلقد شارك في التفكير به وإنضاجه الكثيرون. منهم العالم الفيزيائي الفرنسي [نيكولا ليونار سادي كارنو (Nicolas Leonard Sadi Carnot (1796–1832] والذي كان قد أدرك أن الحقيقة المهمة والاستفادة الهائلة من إمكانية وكفاءة تحويل الطاقة الحرارية إلى شغل ميكانيكي لابد وأن تعتمد مباشرة على الفرق بين درجتي حرارة الجسمين الساخن والبارد. هذا من ناحية، ومن ناحية ثانية، فلقد تمكن العالم (بولتزمن – Boltzmann) من اشتقاق القانون من نقاش الاحتمالات التي يمكن أن تتضمنها وتعتمد عليها حركة جزيئات المواد إذا ما اختلفت في مقادير طاقاتها (حركية كانت أم كامنة). ومن جهة ثالثة لابد لنا من أن نأتي على ذكر علماء آخرين كالرياضي الأمريكي [كلود إي. شانن (Claud E. Shannon (1916–2001] والعالم الألماني المولد الأمريكي الجنسية – [رولف لاندور (Rolf Landauer (1927–1999] واللذين كانا قد تمكنا من إثبات إمكانية تطبيق (القانون الثاني للديناميكا الحرارية) و(مفهوم الانثالبية) حتى على طرق وأساليب الاتصالات وعلى نظرية المعلومات ذاتها.

هناك العديد من الأمثلة والاحتمالات الذهنية ومن بينها بديهية انتشار وتوزع كافة جزيئات الهواء التي تملأ غرفتك أو مكتبك بصورة منتظمة متناسقة لا تدع أدنى مجالا للتفكير بحيود قيمة كثافة أي نموذج للهواء المأخوذ منها عن قيمة أي نموذج آخر حتى ولو أعدت تلك التجربة وذلك الاختبار لملايين المرات، وذلك يعود بالطبع إلى خاصية الحركة العشوائية ومُحصلتها النهائية التي تُوزع بانتظام تام مقدار طاقة كافة جزيئات الهواء الحركية

فيمـا بينها. ولكن لايـزال هناك احتمال ضئيل وضئيل جداً - ولكنـه ممكن إحصائياً - لأن تنتقل كافة جزيئات هواء غرفتك إلى إحدى زواياها تاركة إياك تحت رحمة الاختناق المحتم نتيجة لانعدام الهواء لديك. ولا يعتبر المثال السابق (خُرافة) بكل معنى الكلمة ولكن قد يُفسّر اضمحـلال إمكانية حدوثـه إلى الصفر وجود نظرية علمية تنص علـى أن احتمالية حدوث الزيغ عن ضرورة فعل **(القانون الثاني للميكانيكا الحرارية)** تتناسب عكسياً مع حجم النظام تحت المراقبة (بمعنى زيادة تلـك الاحتمالية كلما صغُر ذلك النظام)، وتسمى هذه النظرية (بنظرية التقلـب وعدم الاستقـرار - The Fluctuation Theorem). ومن نتائج هذه النظرية أيضاً أنه يمكننا توقع وحساب مقدار التجانس لكثير من النظم في حين نعجز عجزاً ذريعاً عن تحديـد مسار واتجاهات ومقدار طاقة جزيئاتها المفردة بدقة!! وبالمثل فإن القلاع الرملية على الشواطـئ الذهبية يُمكن بناؤها ولكنها لا يمكـن أبداً أن ترتفع بمفردها، ولكن الدقة الرياضية والاحتماليـة الاحصائية تؤكد لنا استحالة نفي مثل هذا الاحتمال، ولكنه في المقابل سيكون احتمالاً بعيداً جداً جداً عن الواقع ونادر الحدوث دون إمكانية أحد على نفيه تماماً!!.

ويذهـب هذا القانون إلى آفـاق بعيدة جدا واحتمالات كثيرة ليـدلي بدلوه فيها... فحتى مخلـوق (الاميبا - Amoeba) المجهري بحركته العشوائية الهلامية يعتبر أكثر انتظاماً وأقل (انثاليبـة) من محيطه الذي يعيش فيه، وعليه فهو يضيف لمحيطه مقداراً جديداً من (الانثالبية) بمعنى يُساهم بزيادة الفوضى إليه. وإذا ما تكونت بلورة صغيرة من مادة ما أو تولد نجم جديد مـن تفجّر (نوفا فائقـة - Super Nova) في إحدى زوايا الكون، فلا يمكننا - علمياً - أن نقول إلا أن تلك البلورة أو ذاك النجم كانا قد تخلقا لأنهما يمثلان الآن حالة أدنى تحتوي على مقـدار أقل مـن الطاقة الكامنة والتي يمكن أن يتخذها أي احتمال مغاير لذلك الحدث بمقدار طاقـة أكبر أي باحتمالية وجود أقل منه، وتمثل كل من البلـورة والنجم مثالا واضحاً لما سبق أن أكدنـاه بأن زيادة (الانثالبية) ينطبق عمومـاً على مجمل النظام المعني بأكمله، دون المساس وبدون أي تناقض مع إمكانية قلته في عنصر أو أكثر من عناصره الأخرى.

والحقيقـة فـإن الإنسان - وحاله كحال كامل موجودات الكـون - يُجاهد طوال حياته.

ويحـاول عكس هذا القدر المحتوم ومقاومة تحول جسمه إلى تراب، تماماً كما تصمد القلعة الرمليـة أمام الموجـة الأولى والثانية حتى تنهـار أخيراً بفعل ضربة الموجة الثالثـة أو التالية... إن كل عمـل أو إنجـاز وكل حركة أو فكرة ما هي إلا نتـاج ثانوي لعملية استهلاك طاقة أكثر وبشـكل ما، فالمهندسون يبذلون جهدهم ويديرون آلاتهم وروافعهم ويشغّلون عمالهم لبناء ناطحات السحاب. وتحـرق أجسامنا الطاقة الكيمياوية الحيوية الكامنة الموجودة في الطعام وتحررها لغرض البناء والنمو وتكوين البروتينات المختلفة الضرورية لإدامة الحياة بربط مختلف أنواع الأحماض الأمينية مع بعضها بأسلوب خاص وبنظام مقرر مسبقاً (عن طريق الجينات والأمشاج الوراثية). ويمكننا الغور أعمق في هـذا المنظـور ونتبنى رأي عالم الكيمياء الفيزيائية (بيتر دبليو اتكنز - Peter W. Atkins)، الذي صرح يوماً بأن مختلف التغيرات العشوائية في مناسيـب الكهربائيـة الميكروية المتولدة فيما بين عصبونات أدمغتنـا - وصرفها للطاقة - هـي ما تولد الأفكار المتناسقة التي نسميهـا النظريات والقوانين، وهي التي تُنشئ الايعازات العضلية البناءة التي تمتعنا بإبداعات الفنون وروائع سمفونيات الموسيقى، وعجائب الإعجاز الهندسي، وهي كلها عبارة عن نتائج استهلاك طاقة وفيها من الطاقة ما يمكن نقلها إلى أنظمة أخـرى. ومن وجهة النظر البيولوجيـة فإن في توليد نظام أكثر احتـواءً على الفوضى وذلك بتماس جزيئة من مـادة ثلاثية الفوسفات الأدينوسيه (ATP) الأكثر طاقة وتحولها إلى شكل شقيقاتهـا ثنائيات الفوسفات الأدنيوسيه (ADP) الأقل طاقة، وبالنظام المغلق الذي يجلبها بتماس مـع عدة آلاف مـن الأحماض الأمينيـة... ستتكون تشكيلة رائعة منهـا في الفضاء العشوائي المجاور، كما يحدث عند تكوين الإنزيم المسؤول عن نقل جزيئة الأوكسجين من هيموغلوبين كرية الدم الحمراء إلى حيث مكان استخدامها لأكسدة الغذاء داخل خلايا الجسم لتحريـر طاقتـه. أما القاسم المشترك مـا بين كل الأمثلة السالفة سواء كانـت بناء زلال الخلايا الجديـدة أو إطلاق كهربائية الخلايا العصبية أو حتى إطـلاق الطاقة المخزونة في الـ (ATP) وتحويلهـا إلى (ADP)، فهـو صراعنا وجهادنا من أجل البقاء وهـو إصرارنا على الاستمرار في حربنـا الخاسرة ضد الفناء. فنهايتنـا جميعاً هي الموت والتحلل والاضمحلال والعودة إلى

الاتحاد والتناسق والتوازن مع محيطنا الذي ولدنا فيه، أي (منها خلقتم وإليها تعودون).

حاول (كوري اس باول – Corey S. Powell) تفسير معنى (الانثالبية Entropy) يوماً وذلك بتمثيلها بعملية خلط أوراق اللعب، وقد جاء ذلك في مقالة منشورة شهيرة له بعنوان (أهلا بالآلات) جاء فيها:

((إن الانثالبية كلمة قلما تجد أحداً لم يسمع بها ونادراً ما تجد من يعرف حقيقة معناها.... هي (تعني) بالواقع مقدار ما يتواجد في كيان ما من نظام (أو معلومات) وما يوجد فيه من لا نظام (أو فوضى). والآن إذا ما تفحصت دستاً جديداً من أوراق اللعب، فإني أقول إنه يحتوي على القليل من الانثالبية والقليل من المعلومات، فلا يمكنك بالحقيقة إلا إيجاد قطعتين من المعلومات الحقيقية (الأولى أن الأرقام والأشكال – وحسب خروج الدست من المصنع – مرتبة تصاعدياً من الرقم واحد إلى تسعة، والثانية هي تسلسل مراتب الصور الموجودة في الدست حسب أهميتها) بمعنى أنه سيمكنك والحالة هذه من النجاح في التقاط أي ورقة تشاء ومن أي رقم أو لون أو شكل وبدون أدنى خطأ حتى وأنت مغمض العينين اعتماداً على التوزيع المنطقي للكروت حسب منوال صفّها من قبل المصنع. والآن وبعد خلط الأوراق سيرتفع مقدار مضمونها من كل من (الانثالبية) و (المعلومات))).

يمكن فهم الحالة الأولى بإدراكنا للعشوائية الكبيرة التي تم بها الخلط، ونفهم الحالة الثانية إذا ما أدركنا أنه لابد علينا من البحث خلال كافة الكروت منهجياً فيما لو إذا وددنا استخراج كارت واحد بعينه من الدست. والآن من المثير بل من المدهش لك أن تعلم أن احتمالية إعادة ترتيب الأوراق – وبطريقة مشابهة لما وصفناه سالفاً من أسلوب ترتيبها من قبل المصنع – بإجراء عملية خلط عشوائية لها لهو احتمال وارد، ولكنه يبلغ من الندرة والندرة البعيدة جداً التي تجعل من عملية الخلط عمليا حالة يمكننا بواسطتها الحصول على الترتيب المصنعي للدست حالة مستحيلة فعلا. فاحتمال حدوثها لا يتجاوز الاحتمال الواحد من مجموع احتمالات تبلغ (العشرة مرفوعة إلى القوة الثامنة والستين)!!.

لقد تمكن أحد العلماء الأستراليين في عام (2002) من القيام بسلسلة من التجارب استحقت الاهتمام ونالت الدهشة، فلقد استطاع عمليا إثبات إمكانية التعطيل المؤقت (للقانون الثاني للديناميكا الحرارية) على مستوى الأنظمة والتشكيلات الميكروسكوبية. ومنذ ذلك الحين وبعد إجراء العديد من الاختبارات والحسابات والتجارب تأكد لدى علماء اليوم بأن هذا القانون (لا ينطبق) تماماً على الأحداث ضمن المستويات الذرية وما دونها وذلك لفسح زمنية قصيرة نسبياً، وعليه وبضمن تلك المستويات يمكننا الجزم اليوم بوجود (زيغ) ظاهر فيه.

أما أهمية بحوث عام (2002) العلمية بهذا الخصوص فقد اكتسبتها من حقيقة إثباتها لإمكانية (إلغاء) فعل القانون الثاني للديناميكا الحرارية بصورة روتينية على المستويات الميكروية ولفترة بلغت حوالي الثانيتين.

لقد صرح العالم الفيزيائي (ماثيو شالمرز – Matthew Chalmers)؛ (بأن القانون الثاني للديناميكا الحرارية لم يعد قائماً!!)، وفسر تجربة الفريق الأسترالي بقوله ؛ لقد تمكن فريق الجامعة القومية في (كانبيرا – Canberra) بقيادة (دنس ايفانز – Denis Evans) من قياس مقدار التغير في انثالبية حبيبات بلاستيكية بلغت أقطارها بضعة ميكرومترات وهي معلقة في الماء. فلقد تمكن أولئك الباحثون من تقصّي وتسجيل مقادير تغيّر (سالبة) في انثالبية تلك الحبيبات على طول مجالات زمنية قصيرة بلغت ما يقارب الأعشار القليلة من الثانية. إن هذه المشاهد التي لا يمكن تفسيرها بالاستناد إلى (القانون الثاني في الديناميكا الحرارية)، تبدو وكأن الطبيعة فيها (وعلى النطاق الضئيل لمواصفات.... والقصر الشديد لأزمنة إجراء تلك التجربة) قد سارت القهقرى وبدأت تُرجع الزمن إلى الوراء!!. لقد تمكنت تلك الحبيبات البلاستيكية الميكروية – حقاً – من اكتساب شيء إضافي من الطاقة استمدته من الحركة العشوائية لجزيئات الماء، الأمر الذي يمكن تصوره مقاربا ولو بالمفهوم الخيالي وارتباطه بما يمكن اعتباره (حقيقة اكتساب لفنجان شاي مصغر للحرارة ذاتياً وشروعه بتسخين نفسه). ولكن مع ذلك فقد لوحظ تراجع النظام بكامله إلى حالة الانثالبية الطبيعية الموجبة بعد ثانيتين من الزمن كما دلت عليه قياسات معدلات التغير فيها. وهكذا أمكن التوصل – ولأول مرة – إلى

إثبات إمكانية (كسر) القانون الثاني للديناميكا الحرارية ولفترة زمنية محترمة وعلى نطاق قياسي معتبر. يعكف الفريق الأسترالي في هذه الأيام على إعادة التدقيق في تجاربهم وتصميماتها ومراجعة حساباتهم ودقتها لغرض اختبار صحة ما توصلوا إليه على (النطاق النانوي) هذه المرة لغرض التعرف على بعض المعلومات الجديدة بخصوص التعامل الجزيئي داخل الأجسام الحية وكيفية تأثير مجاميعها المختلفة بعضها على بعض ضمن هذا المستوى. لقد اكتسبت أعمال (ايفانز – Evans) شهرتها وأهميتها لأنها كانت السبّاقة في الإجابة بالايجاب على تساؤل بقية العلماء والفيزيائيين وتوقعاتهم باحتمال زيغ (القانون الثاني للديناميكا الحرارية) وفشله على المستويات والقياسات الضئيلة جداً كالمجالات الميكروية والنانوية.

ولكن قبيل الاسترسال والإفاضة في شرح ملخص السيرة الذاتية لـ (كلوزيس) الإنسان والمفكر والعالم دعني أذكرك بوجود **(قانون ثالث للديناميكا الحرارية)**. ينص **(القانون الثالث للديناميكا الحرارية)** من وجهة نظر الفيزياء الكلاسيكية على **ميل كافة الأنظمة والعمليات إلى التخلي عن كافة فعالياتها وحركتها ونشاطها وسعيها الحثيث إلى اتخاذها لأدنى قيم الانثالبية الممكنة وذلك كلما اقتربت درجة حرارة تلك الأنظمة أو هذه العمليات من درجة حرارة الصفر المطلق** والتي تساوي بالضبط [(273،15 –) درجة حرارة مئوية وتساوي (459.67 –) درجة فهرنهليتية]. هذا ويعزى ابتكار مفهوم (القانون الثالث للديناميكا الحرارية) إلى الكيميائي الألماني [ولتهر نرنست (1864–1041) Walther Nernst] في حوالي عام (1905). أما الصياغة الحديثة لهذا القانون فتنص على: **تقترب الانثالبية (S) من قيمتها الثابتة (So) لأي نظام كلما اقتربت درجة حرارته من درجة حرارة الصفر المطلق(0).**

ووفقاً لما وردنا من أفكار (الطليعة المبتكرة – Creative folks) والتي يمكن الاتصال بها على موقعها الإلكتروني (www.everything2.com) ففي التأمل والتفكير بالحالات والنتائج المتوقعة من حالة حدوث أو الوصول إلى تلك الدرجة الحرارية (درجة الصفر المطلق – K= 0 – أو الصفر على مقياس كلفن) الكثير مما يستحق الدهشة والتبصّر: فلقد تساءلت تلك الجماعة عما يمكن أن يتفرع أو ينتج عمليا من تلكم الحالة وأجابت بما يلي:

((لاشك أن الحرارة – ومن المفهوم الفيزيائي البحت – هي عبارة عن أداة ووسيلة لقياس معدل الطاقة الحركية التي تختزنها الجزيئات المختلفة، أو ما يمكن التعبير عنه بصورة أيسر وأبسط بأنها مقدار معدل حركتها عموماً. والآن وبما أن المتفق عليه علمياً ومنطقياً بأن المقصود بدرجة حرارة الصفر المطلق هو غياب الحركة تماماً وسكون الذرات والجزيئات، إذاً فبلوغ الجزيئات للسكون معناه بلوغها درجة حرارة الصفر المطلق والذي لا يمكن أبداً الوصول إليه ولا توجد فعلا درجة حرارة أقل منه، فها قد وصلنا عنده لانعدام الحرارة مما يعني انعدام الحركة. والآن إذا ما فكرنا ببلوغ الكون لدرجة حرارة الصفر المطلق فهذه الحالة... (وعلى الأقل فيما يخصنا نحن البشر الذين نفكر في حالنا وأوضاعنا وفيما يخصنا ولا يخصنا...) ستعني انعدام الحركة تماماً، توقف وتعطل كافة التفاعلات مطلقاً وانعدام إمكانية وجود أي مراقب... ولكن أليس من حقنا أصلاً الشك بوجود كون حقيقي لا يحتوي على أي حركة بتاتاً وساكن تماماً ولا يمكن لا مشاهدته ولا مراقبته؟؟)).

ولكن رغم دفاعنا القوي وتبنينا للمفهوم الكلاسيكي الآنف ذكره بخصوص توقف كافة أنواع الحركة والنشاط، وحتى على المستوى الذي عند درجة حرارة (الصفر المطلق)، إلا أنه لا يجب أن يغرب عن بالنا وتفكيرنا وحساباتنا صعوبة وتعقيد النتائج المتولدة من تبني مفهوم درجة حرارة (الصفر المطلق) من المنظور (الميكانيكي الكميمي – Quamtum Mechanics) والذي يسمى علميا (بحالة أو نقطة الحركية الصفرية – Zero – Point Motion) والتي تسمح رغم كل شيء (وبعكس الاعتبارات الكلاسيكية) لحالة دنيا من الطاقة (حركية كانت أم كامنة) بالوجود، ويطلق على تلك الحالة اسم (الحالة الدنيا – Ground State)، والتي لها الصفة – الحقيقية – باحتمالية التواجد على مدىً ممتد من مديات الفضاء. وبناء على هذا المفهوم الكميمي (الغريب!!) فسيكون لذرتين مرتبطتين بلغتا درجة طاقيتهما الدنيا بوصولهما إلى حالة الحركة الصفرية – وهذا هو المفهوم (الكميمي) لما تعنيه درجة حرارة الصفر المطلق بالتعبير الكلاسيكي – قابلية التذبذب الشديد لإحداهما نسبة إلى الأخرى (وهما في درجة الصفر المطلق) بحيث لا تعود تفصلهما الواحدة عن

الأخـرى أي مسافـة واحدة محددة، ولا يمكـن لأي مراقب من تحديد هويـة أي من الذرتين بالضبط، ومكان تواجدها في ذات الوقت[1]

يستعمـل مصطلح (نقطة الحركـة الصفريـة – Zero – Poinl Motion) من قبل العلماء للاستدلال على الحقيقة القائلة بأن ذرات المواد الصلبة – حتى ولو بُرِّدت تلك المواد إلى درجات برودتهـا الفائقة – Super–Cold – State – فإنهـا لن تبقى ثابتة ولن تحتفظ بذات مواقعها الهندسيـة في كياناتهـا البلورية، وإنما ستكتسـب في هذه الحالة (احتماليـة توزيع وانتشار – A Probability Distribution) تكـون دالـة لـ... وتعتمـد مباشرة على عاملي (الموقع – Position) و (الزخم – Momentum) لكل ذرة منها. ولقد تمكن العلماء فعلا في الوقت الحاضر من الوصول بالمواد إلى درجات تبريد فائقة وفائقة جداً حتى بلغت ما لا يزيد على عشرة أجـزاء من الألف جزء مـن الدرجة المئوية الواحدة فوق درجة حـرارة الصفر المطلق فقط!! هذا ويستحيـل عمليا، وباستخدام الأجهزة والمبردات الاعتيادية بلـوغ درجة حرارة الصفر المطلق، وإذا ما افترضنا إمكانهم ذلك – وفي وقت ما من المستقبل البعيد – فإن كافة الأجسام وحتى عند بلوغها تلك الدرجة الخيالية من البرودة، سوف تستمر باحتفاظها بدرجة معنية محددة من مقدار الطاقة، وهي ما نطلق عليه مصطلح (نقطة الحركة الصفرية).

وفي ختـام حديثي عـن (القانـون الثانـي للديناميكا الحراريـة) سآتي على ذكـر بعض الملاحظـات بخصوصه منهـا ما جـاء فـي كتـاب (الفضاء الفائق – Hyperspace) لمؤلفه (مشيـو كاكـو – Michio Kaku) والذي يُذكرنا فيه بالطريقـة الذكية الطريفة التي درج

(1) هنـاك مزحة علمية (خياليـة جداً!!) وطريفة تُقرِّب هذا المفهوم (الغريب جـداً!!) إلى الأذهان؛ وذلك بتصور وجود (توأمين كميميين – Quantum Twins) هما التوأم الأول [ولنطلق عليه اسم (أ)] وهو المجد المجتهد المواضب على الدوام والدراسة، في حين أخيه التوأم الثاني [ولنطلق عليه اسم (ب)] هو النزق المشاكس الذي لا يحب العلم ولا يود الذهاب إلى المدرسة. يمكن وبناء علـى تصورنـا الكميمي السالف ذكره، أن يُقنع المشاكس (ب) أخيه المجتهد (أ) أن يحضر في محله ليؤدي امتحانه النهائي بدلاً عنه، في حـين يقضـي (ب) وقت الامتحان في إحدى صالات دور العرض الترفيهي (السينما)!!. حسب المفهوم الكيميمي ؛ لن تلاحظ المدرِّسة غياب (ب) عن أداء امتحانه (وستكون سعيدة ومندهشة للدرجات العالية التي حققها رغم كسله!!) من جهة، وسيكون (أ) على علم بمحتوى الفلم الذي شاهده (ب) في دار العرض وتمتع به، كما أن (ب) سيكون على علم بمضمون ورقة الأسئلة الامتحانية ويمتعض منها، من جهة ثانية!! (المترجم).

علـى استخدامها العالم والكاتب البريطاني (سـي. بي. سنو – C. P. Snow) لتعلُم وتعليم قوانين الديناميـكا الحرارية الثلاثة بأشكالها المختصرة العصية علـى النسيان حين قسّمها إلى ثلاثة مبادئ وكأنك في لعبة وهي:

1 – **يستحيل عليك الربح.** (بمعنى عدم إمكانيتك الحصول على أي شـيء لقــاء اللاشيء، وذلك لسبب بسيط يعود إلى قانون حفظ المادة والطاقة).

2 – **يســتحيل عليــك التراجع.** (بمعنى عند قيامــك، أو حدوث أي عمــل أو نشاط، لن يمكنــك أبداً الرجــوع إلى ذات مستوى طاقــة الشروع وذلك لوجود خســارة دائمة – ولو ضئيلة – في مقدار الطاقة في كل شيء أي أن هناك زيادة في كمية الفوضى في أي نظام، أي أن هناك زيادة في – انثالبيته – دائماً.

3 – **يســتحيل عليــك الهرب من المحتــوم.** (بمعنى أن بلوغ درجة حــرارة الصفر المطلق ستظل غاية لا تُدرك).

أمــا عــالم الفيزيــــاء الفلكيــة (الســر ارثــر ستانلــي ادنكــتن – Arthur Stanley Eddington) فقد علّق على أهمية القانون الثاني للديناميكا الحرارية في كتابه القيّم (طبيعة عالمنا الفيزيائي) بقوله:

> **((لقــد احتل القانــون القائل بزيادة الانثالبية – وأعني بذلــك القانون الثاني للديناميكا الحرارية – المكان الأســمى بين القوانين الطبيعية وقد تربع على عرشــها بلا منازع، ولا ســبيل لنا في مناقشة ذلك ولا مناقضــته فهذا الموضوع لا يعترف أبداً بوجود ما يسمى بالخيار ولا بالتصويت ولا بالديمقراطية!! فإذا فرضنا أنك بلغت من العلم عتياً وتمكنت من وضــع نظرية فتية جديدة للكون، فرحت بها وعزمــت باعتمادها دخول التاريخ، ثم جــاء أحدهم وأبلغك بأنهــا تتناقض تناقضــاً فكرياً ونظرياً واضــحاً مع (معادلات ماكسويل)!![1] – دعك منه وأنصحك بعدم الاكتراث بما قال وأفصح!...، فقد تكون**

(1) وضعــت (معــادلات ماكسويل) كمثال هنــا لأنها من أرجح وأرسخ قوانــين الفيزياء الحديثة قبولا وأكثرهــا دقة من الناحيتين النظرية والتجريبية راجع فحواها ونصوصها على صفحة (586) من هذا الكتاب..(المترجم).

أنت على حق وأن (ماكسويل) المسكين ومعادلاته في موقف حرج بسبب نظريتك الكونية الجديدة هذه، فلك أن تستبشر ولديك فسحة أمل لتحقيق حُلْمك.... ولكن إن دلت كافة المشاهدات على خطأ توقعاتك وعدم صواب ما تتوقعه نظريتك، فلك الحق أن تقلل من نسبة توقعاتك (لدخولك التاريخ) فقد تكون نظريتك مخطئة، ولكن مهلاً... لايزال لديك فسحة من أمل، فمن أدراك؟ قد يكون السبب خطأ في قياس العلماء التجريبيين لتوقعات نظريتك، فهم ليسوا معصومين، وقد تختلط عليهم الأمور أحياناً. ولكن إن كانت نظريتك الفتية الجديدة لتفسير الكون وظواهره والتي تبغي من ورائها دخول التاريخ و/أو الحصول على جائزة (نوبل) وقد وُجدت مناقضة (للقانون الثاني للديناميكا الحرارية)، فعليك والحالة قد بلغت معك مداها، أن تقف وتعتذر للجميع وتنسحب أنت ونظريتك فوراً من مسرح الأحداث فلن تنال من مطاولتك والاستمرار في أملك إلا السقوط والفشل والإهانة والخجل، فها قد بلغت حدودك ولا يمكنك تجاوزها!!)).

للفضوليين فقط:

• لقد كانت أعمال وأفكار (كلوزيس) نظرية بحتة، فهو لم يُقدم أبداً على نشر أي بحث عملي تجريبي طوال حياته!!.

أقوال مأثورة:

– إن في قصة وتاريخ الديناميكا الحرارية لملحمة جليلة ضمت العديد من المبادئ وأشركت الكثير من الناس ولقد كان توزيع الأدوار فيها اوركستراليا – إن صح التعبير –!!! فلقد شارك ما لا يقل عن عشرة علماء بصورة جوهرية أساسية في ابتكارها... وامتدت أعمالهم وأفكارهم في تطورها ونضجها لتغطي مساحة زمنية قياسية بلغت ما ينيف عن القرن، هذا من ناحية، ولكن من ناحية ثانية فإن مجمل عدد المبادئ التي تم التوصل إليها كان قليلا جداً،

فلا يوجد هناك إلا ثلاثة مفاهيم رائدة فيها هي الطاقة والانثالبية ودرجة الحرارة المطلقة.

كروبر

William H. Cropper، (Great Physics)

مقتطفة من كتابه (الفيزياء العظيمة).

- لم يساهم أي قانون، لا في تاريخ الإنسان ولا في تاريخ الفيزياء في التأثير على (روح) البشر وتحريرها بقدر ما ساهم به (القانون الثاني للديناميكا الحرارية). ولكن رغم أهميته وشيوع تطبيقاته، إلا أن التاريخ لم يشهد إلا قلة قليلة جداً من المفاهيم والقوانين العلمية التي شابهته إبهاماً أو قاربت منه تعقيداً. إن مجرد ذكرك (للقانون الثاني للديناميكا الحرارية) لكفيل في اذكاء كل ما خبا أو ابتعد (من قرقعة تروس الآلات البخارية)، وكل ما عصي وغُمّ (من تعقيدات الرياضيات المبهمة)، إضافة إلى إبرازه للسطح كل الحيرة والعجب من عدم فهمنا الدقيق لواقع (الانثالبية)... لن يتمكن الكثيرون من اجتياز اختبار (سي. بي. سنو - C. P. Snow) الشهير لتحديد قابلية القراءة الابتدائية ومستوى الثقافة العامة إذا لم يعرفوا بأن (القانون الثاني للديناميكا الحرارية) يعني زيادة الفوضى مثلما يعني اسم (سكسبير) أحد أعلام الأدب الإنكليزي.

اتكنز

Peter W. Atkins، The Second Law

مقتبسة من كتابه (القانون الثاني).

- ستفنى أجساد البشر جميعها ويعود الإنسان إلى تراب الأرض الذي خلق منها.[1] - Job 34:15 الجزء 15 من الإصحاح (34) من الكتاب المقدس.

- إنه لمن دواعي الدهشة والإعجاب أن تكون عملية زيادة الانثالبية عالمية الوقع كونية

(1) (1) وقد جاء في القرآن الكريم: ﴿كل من عليها فان * ويبقى وجه ربك ذو الجلال والإكرام﴾. سورة الرحمن، الآيتان: 26 - 27 (المترجم).

الحدوث، فكل ما حولك وما في داخلك وما تلاحظه خارج جسمك وفي نطاق أحاسيسك وإدراكك ليلهــج بها ويسعى حثيثاً إليها، فالانثالبية الموجبة هي القاسم المشترك الأزلي ما بين عملية احتراق الشمعــة وعظمة شروق الشمس وما بين هضم معدتك لطعام غذائها وما بين تقدمــك في العمــر. لقــد قُدّر أن يسير الكــون في كل ثانية - بل وحتــى في كل جزء منها - نحو طريقه المحدد، ليلاقي قدره المحتوم وذلك بتراكم وزيادة مقدار الفوضى فيه، وبتصاعد كميات ومناسيب المعلومات فيما بين طياته.

بوول

Corey S. Powell، (Welcome to the Machine)، New York Times Book Review.

مقتطف من كتابه : (أهلاً بالماكنة).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولد الفيزيائي والرياضي الألماني [رودولف كلوزيس (1822-1888) Rudolf Clausius] والــذي اشتهر باكتشافه وصياغته للقانون الثاني للديناميــكا الحرارية، والذي كان له أجلّ الأثر في تقــدم وتطوّر كافة حقول العلــوم، في مدينة (كوسلــن - Koslin) في بروسيا وهو الاسم القديم لألمانيــا اليوم. لقد ولــد (كلوزيس) بالمرتبة الرابعة عشرة في تسلسل أولاد عائلته في عام (1822). ولقــد اكتسب هــذا التاريخ أهمية استثنائية خاصة في تاريخ الديناميــكا الحرارية، كونه العام الذي تمكــن فيه المهندس الفرنسي (ســادي كارنو - Sadi Carnot) مــن وضع لمساته الأخيرة على عملــه الرائع وبحثه المستنير والذي كان بعنوان (انعكاسات وحيثيات استخراج القوة المحركة من النــار المحرقة) هذا البحث المهم والذي سيكون في المستقبل المنار الهادي العلمي والملهم الروحي لأبحــاث ودراســات (كلوزيس) في تقصيه لصفات الحرارة وانسيــاب الطاقة وانتقالها وتحولاتها والتأثــيرات اللاحقة لكل ذلك على مستقبل تطور المكائــن وكفاءتها في أداء أعمالها وعلاقتها في تطور إنجازات البشر وإلى حد يومنا هذا وإلى ما وراء أفق مستقبل الإنسان المنظور.

عمل والده أستاذاً في سلك التعليم وتدرج فيه إلى أن تمكن من افتتاح مدرسة أهلية خاصة به. انتظم (كلوزيس) كتلميذ مواظب في المدرسة التي كان يديرها والده عندما شب صبياً. عُرف

عنه ولعله بجمع الأصداف والقواقع البحرية، ذلك الولع الذي تطور إلى هواية حقيقية له، وتمكن في عام (1840) من الانخراط في جامعة برلين، ولقد كان تاريخ تلك الحقبة حافلا، حيث تمكنت أول سفينة بخارية من عبور المحيط الأطلسي للمرة الأولى قبل ذلك بعامين.

أسلمت والدته الروح في عام (1843) عندما كانت تضع طفلها الثامن عشر، الأمر الذي اضطر معه (كلوزيس) إلى المشاركة الفعالة والمضنية في تربية إخوانه الصغار.

برغم مشاغله وأشغاله، لم يدع (كلوزيس) للظلام والجهل دربا إلى عقله ونفسيته، فلقد تمكن في عام (1850) من نشر بحوثه المتضمنة لنظريته في الحرارة. لاقت تلك البحوث وهذه النظرية أذناً صاغية وتقديراً مرموقاً صعد به إلى مطاف المثقفين في تلك الحقبة، فعُرض عليه منصباً تدريسياً في المدرسة الملكية للهندسة والمدفعية في برلين فقبله واستمر في عمله وتطوير ذاته حتى تمكن من الحصول على منصب الأستاذية في الرياضيات في (مدرسة البولي تكنيك) وهو الاسم الذي أطلق على إحدى الجامعات المرموقة في مدينة (زيورخ – Zurich). شاءت الأقدار أن يصادف في هذه المدينة وخلال ممارسته لعمله في جامعتها فتاة أحلامه، وهي الآنسة الفتية الجذابة (ادلهيد ريمبو – Adelheid Rimpau) وسرعان ما خطبها وتم زواجهما في عام (1859). لقد كان (كلوزيس) وطنياً شجاعاً لبى نداء الوطن والواجب في عام (1870) وشارك في الحرب الفرنسية – البروسية والتي جُرح خلالها فحمل جسمه وسام البطولة أثناء إصابته وهو يقود عربة إسعاف خصصت لنقل القتلى والجرحى آنئذ وإخلائهم من ميادين القتال. لقد أسدل الستار على حياة زوجته ورفيقة دربه حينما وافاها الأجل فلبّت نداء القدر وهي تضع مولودها السادس.

لقد استطاع (ميشيل كيولن – Michael Guillen) في كتابه الرائع (المعادلات الخمسة التي غيرت العالم) من التعبير بمنتهى الفصاحة وبأدق العبارات عن شعور(كلوزيس) بالحزن العميق ولكن بذهن العالم اليقظ المفكر لفقدانه لرفيقة حياته حين قال:

((ما أقوى، بل وما أقسى النزال الأبدي غير المتكافئ ما بين الحياة والموت. لقد لفّت هذه الحقيقة المؤلمة المدمرة (كلوزيوس) في لحظة حمله وتفحصه ليد فقيدته العزيزة

البــاردة بــكل المرارة والألم، بل وبــكل حسرات القلب وأنين الجــوارح والذي لا يمكن حتى للجبال الصُــم الراسيات في تلك اللحظة إلا أن تذوب وتذوي لوقعه ولأثره. نعم لقد كان عالماً حصيفاً نذر كل عمره وحياته لدراسة الحرارة وفهمها، ولكنه الآن خاوي القلب خالي الوفاض لا يرى إلا ذبول الكون بأسره ومفارقة النور إياه لرحيل محبوبته وأم أطفاله عنه. أيقن (كلوزيس) وهو في خضــم حزنه وشــديد وجده أن النزال الأزلي غير المتكافئ والعدالة المفقودة ما بين الموت والحياة والأخذ والعطاء لا تزال وستظل مفقودة أبداً. نعم لقد أُنعم عليه ورُزق بطفلــة ولكنــه وفــي قرارة نفسه التي أضناها الحزن وخنقتها العبرات ظل يتساءل وهو المفجوع بفقدان زوجته؛ لم يا ترى علينا دائماً أن نعاني من جور قانون الحياة الأزلي، الذي يأخذ منا دائماً أكثر مما يُعطينا إياه؟!!)).

استمر (كلوزيس) سائراً في ركاب قافلة حزنه وموكب حسرته على فقدان زوجته وألمه من جــراء إصابته حتى تكالبت عليه المصاعب والمصائب وصارت تؤثر فعلا على مسيرته العلمية فأحبطتها، وعلى تقدمه في مجال وظيفته فعطلتها. ومع ذلك وبرغم الصعاب والحزن والمشاكل تمكن (كلوزيس) من المحافظة على حبه لأولاده وتفانيه في الإخلاص لرعايتهم وحسن تربيتهم وإجابة مطالبهم. لقد أبّن (روبرت – Robert) أخاه (كلوزيس – Clausius) قائــلاً:

((لقــد كان أحنّ والد عرفته، فلم يعرف الحب لأولاده وفلــذات أكباده حدوداً. كان سعيداً بمشــاركتهم لألعابهم ولهوهم وكان الأب والأم لهم، يكفكف دموعهم ويقيل عثراتهم. لقد كان بالفعل نعم الأب الذي لم يدخر جهداً حتى بمتابعة واجباتهم المدرسية ومساعدتهم على تفهم ما غُمّ منها عليهم)).

لم يُطــق العيشــ وحيداً بعد فقدانه لشريكة حياته ولم تسعــه الدنيا –بما رحبت– في مكان عملــه وفي داره الــذي يذكره بفقيدته فقرر شد رحال العــودة إلى ألمانيا، وفعلا تم له ذلك في عام (1877) حينما قبل منصب الأستاذية في جامعة (فورزبرك – Wurzburg) في ألمانيا، فذهــب إليها. مُنح صاحبنا (ميدالية كوبلي – The Copley Medal)[1] من قبل الجمعية

(1) Coply Medal – انظر صفحة (394). (المترجم).

الملكية تخليداً وتثميناً لأعماله وأبحاثه، وذلك في عام (1879).

لغرض إدراك أهمية أعمال (كلوزيس) وتقديرها حق قدرها، لابد لنا من جولة سريعة بين أيام ذاك الزمان والتفاتة حصيفة لأفكار ذلك الأوان – لغرض الإلمام بالأمور والتبصر بأعمال أعلام الحضور، وفي بداية جولتنا نقول؛ لقد تركز جل البحث والتفكير في تلك الفترة حول تقييم كفاءة المكائن المستخدمة لإنجاز مختلف الأعمال من تقطيع الأخشاب واستخراج الفحم الحجري من المناجم ورفع الأثقال ومواد البناء وتحريك قاطرات خطوط السكك الحديدية، وعلاقة ذلك بقابليتها على استخراج (الشغل – Work) النافع بعد حرق الوقود – كالفحم الحجري – داخلها. برز اسم العالم (كارنو – Carnot) في تلك الحقبة بالذات كأبرز من ساهم في أعمال البحث والقياس والتقييم لتلك الآلات، وإلى الدرجة والكفاءة الشخصية التي أهلته حيازة لقب (أبو الديناميكا الحرارية – The (Father of Thermodynamics) بلا منازع. ولعل خير ما تفتقت عنه قريحته في هذا المضمار وأنتجه ذهنه وسطّره يراعه في هذا المجال، كان بحثه المنشور في عام (1824) والذي كان بعنوان:(Reflexions Sur la Puissance Motrice du feu) أي (انعكاسات وحيثيات استخراج القوة المحركة من النار المحرقة). ولكن (الرياح لم تجر بما اشتهت السفن)، فأصيب (كارنو) هذا بمرض الكوليرا في عام (1832). وبناء على الأوامر الصحية الصارمة ولغرض تقليل خطورة نقله للعدوى فلقد تم إحراق كافة كتبه وأوراقه ومسوداته، بالإضافة إلى كافة أوراقه الشخصية الأخرى، فأصبحت كل ابتكاراته وأعماله وكافة بنات أفكاره وأبحاثه، وبين عشية وضحاها طعاما التهمته ألسنة النيران ورماداً تذروه الرياح.

أسقط بيد (كلوزيس)، وصار من أصعب الأمور عليه إيجاد أي أثر أو دليل لما أنجزه (كارنو) فضلا عن الاستفادة منه في دفع أفكاره هو وتجاربه وآرائه إلى الأمام...

لقد أشغل (كارنو) ذهنه كثيراً وأعمل تفكيره بلا هوادة وواصل الليل بالنهار لغرض فهم أسرار الحرارة وطرق انسيابها وعملها في المكائن وبالأخص استخدامها في إدارة (المكائن البخارية)، وكان ما أقلقه فعلا في تلك الحقبة وأقض مضجعه (وبخّر) النوم من أجفانه هو

تفـوق المكائن البخاريـة الإنكليزية في كفاءتها وعملها عن نظيراتهـا الفرنسيات. لقد كان فجر الآلة البخارية - آنذاك - قد بزغ وشأنها قد ارتفع، فكانت سيدة الأعمال والإنجازات بـلا منازع. فيهـا كان الخشب يحرق والفحم يُفلـق فتنبلج مما بين حناياه الحرارة الحمراء وتنطلـق الطاقة الشعواء التي تحول الماء إلى بخار، يحجز هذا البخار ما بين حنايا أسطوانات الآلة البخارية وهو بضغطه العالي يُشغلها. وحينما تنتهي دورة مكبس الآلة داخل أسطوانته يطـرد البخار المتبقـي إلى الخارج، فيعود المكبـس إلى حال عهده السابـق ويستعد لاستلام دفقـة جديدة من البخار الساخن المضغوط لرفعه إلى أعلى مرة أخرى، في حين يجد البخار المتخلـف طريقه إلى (مـبردات) مناسبة لإعادة تكثيفه وإرجاعـه إلى المراجل التي تئنُّ وتزأر بتأثـير حرارة الفحم المحترق تحتها لتحوله إلى بخار مرة أخرى لإكمال دورة الآلة البخارية في القاطـرات والمصانع والمناجم. وهكذا سار الدم في عـروق.... ونُفخت الحياة في عالم (الثورة الصناعية الأولى).

حلـم (كارنو) وتصـور إمكانية وجود الآلة البخارية النموذجيـة والتي أطلق عليها اسمه، فصـارت (ماكنة كارنو) اعترافاً له بفضله، وأهمية أعماله وأفـكاره. أما سر تلك الآلة ومبدأ عملها فكان يفترض بها أن تزود العاملين عليها بمقدار (شغل - Work) مساوياً تماماً لمقدار ما يُضخّ إلى داخلها من حرارة بلا أدنى خسران، ولا لأي كمية ضئيلة من الطاقة خلال ذلك التحول. اعتمد (كارنو) في أفكاره وابتكاره على الإيمان بآلته تلك ذات الكفاءة المثالية على حقيقـة عدم مقاطعتها لـ.... وانتفاء زيغها عن صُلب (القانـون الأول للديناميكا الحرارية) والـذي ينص على ضرورة خفض الطاقة بمعنـى أن أي زيادة في مضمون احتواء أي نظام من الطاقـة الداخلية له، لابد وأن تسـاوي مقدار الطاقة الخارجية المحقونـة إليه ومطروحاً منها مقـدار الطاقة المفقودة منها والمستثمرة حقاً على شـكل الشغل المنجز من قبلها على محيطها وكل ما هو في نطاق تأثيرها.

هذا ومن الجدير بالذكر هنا عزو وإرجاع فضل وضع (القانون الأول للديناميكا الحرارية) إلى الأعمـال والتجـارب والأبحـاث التي سبـق وأن أنجزهـا وقام بها الفيزيائي الإنكليزي

الشهير [جيمـــس جـــول - James Joule] وما تفرع عنها.

أيقن (كارنو) بعد الجهد الجهيد الذي بذله والاختبار العنيد الذي أصر على إنجازه، أن فكرته في إنجــاز الماكنــة المثالية والتي يمكنها الاشتغــال وإنجاز الأعمال بالطريقة التــي سبق له أن آمن بإمكانيــة وجودها ما هي إلا ضرب من ضروب المستحيل، فلا وجود لما يمكن تسميته (بالآلة المثاليــة)!! ويسهل تعليل ذلك إذا أدركنــا أن كمية معينة من الطاقة لابد وأن تُخسر متبددةً إلى المحيط بلا فائدة. بدأ، ومنذ تلك الحقبة تأصل الإدراك القائل باستحالة تحويل (كامل) الطاقة الحراريــة المستخدمــة (وفي أي ماكنة أو آلة - مهما كانــت) إلى طاقة ميكانيكية فعالة منتجة. هــذا وقد ذكر (كارنو) مضمون هــذه الخلاصة في ورقته الشهيرة التي نشرها فيما بعد بعنوان (انعكاسات وحيثيات استخراج القوة المحركة من النار المحرقة) التي جاء فيها ما نصه:

((يســتحيل علينا اعتبار مجرد عملية إنتاج الطاقة الحرارية وتوليدها هي العنصر الوحيد الفعّال لتوليد القدرة (Power) النافعة الممكن استثمارها. هناك عامل ثان لا يقل عن الحــرارة أهميــة، بل هو الشرط الأهم الذي بدونه لا فائدة ســتجنى أبداً من الحرارة... ذلك هو عامل البرودة!!)).

وعند اختبــار واحدة من مكائن (كارنو) الحرارية العاملــة، لوحظ قابليتها على امتصاص الحــرارة مــن مصدر لها وتحويل قسم منها إلى عمل فعال وشغل منتج، ولكن ما لا مناص منه كان لابــد مــن لفظ المتبقي من حــرارة المصدر من الآلة الى مركم حــراري مجاور الأمر الذي يعني إهدارها إلى المحيط بدون أي فائدة. وخلاصة القول وزُبدة الحديث في فهم مبدأ عمل الماكنــة البخارية (أي ماكنة بخارية)، هو بإدراك ضرورة وجود عنصرين فعالين في تصميمها وهندستهــا؛ أحدهما هو المرجل المسؤول عن توليد الحرارة وهو منبعها، والثاني هو المكثف - منخفض الحرارة - الذي يعمل على تفريغ المتبقي منها. وكلما زاد الفرق الحراري ما بين مستودع المنبع والإنتاج وبين مستودع الاستلام والتبريد، كلما زاد مقدار جزء الطاقة الحرارية المتحولة إلى شغل حقيقي فعّال، وهذا ما يعني عملياً زيادة كفاءتها.

يمكــن كتابة قانون (كارنو) لكفاءة أي ماكنة حرارية تعمل على (مبدأ الديناميكا الحرارية)

بوجود فرق في درجتي حرارة المنبع والمستودع رياضياً بالصورة التاليــة:

$$e = 1 - T_L / T_H$$

حيث تمثل e – مقدار كفاءة الماكنة و T_L – درجة حرارة الاشتغال الدنيا للماكنة بدرجات حرارة (كلفن) و T_H – درجة حرارة الاشتغال العليا للماكنة بدرجات حرارة (كلفن)...ولا مـراء بأن كافة المكائن الحراريــة لابد وأن تُزود بالوقود لغرض إحراقـه (كشرط أول) لتجهيز الحرارة اللازمة لتمــدد الغازات التي ستوجه لتحريك مكابسها لتعمل. ولكن لا ننسى تجهيز الحرارة بمستوى (أعلى) مــن درجة حرارة المحيط وهو الشرط الآخر الواجب لعملها جميعاً. وبعبــارة رياضية أوضــح بإمكاننا القول بوجوب كون $T_H > T_L$. وعليـه فإن الحالة النظرية الوحيــدة التي تمكننا مــن الحصول على الماكينــة المثالية الكاملة ذات الكفــاءة البالغة 100% ستحقق فقط عندما تكون (T_L) مساوية لدرجــة حرارة الصفر المطلق. وفي المقابل لن يكون صعباً علينا الاستنتاج بأنه في حالــة تساوي درجـــة حرارة المنبع مــع درجــة حرارة المحيط لأي ماكنــة أي ($T_L = T_H$) فستكون كفاءتهــا (صفراً)، أي أنها عمليا لا تعمل!! ولهذا فإن شرط اشتغال أي ماكنة حرارية تحتم عليها الحصول على فرصة (طرد) جزء من طاقتها الحرارية إلى محيطها (الأبرد) نسبياً.

ومــن المناســب فــي هــذه المرحلــة إجراء نوع من المقارنة ما بين (كفاءة Efficiency) الأنواع المختلفة من المكائن عبر العصور، آخذين بنظر الاعتبار أنها الصفة الوحيدة التي يمكن أن تُعبِّر عن مقدار ما نستخلصه من (ربح) مما ندفعه من مال لقاء الحصول على الوقود لتشغيل مكائننــا على اختلاف أنواعهــا. فإذا ابتدأنا (بالماكنة البخاريــة) والتي نادراً ما تصمم للعمل بدرجات حرارة تفوق درجة حرارة (100 مئوية)، فإن (T_H) فيها سوف تبلغ (373 درجة حــرارة مطلقة)، وفي مثل هذه المكائن البدائية لا يمكن للحرارة (المعدومة) أن تكون أقل من درجــة حرارة المحيط التي تعمل فيه ... وعليــه فبإمكاننا اعتبار (T_L) مساويةً لحوالي (300 درجة حرارة مطلقة). والآن ولغرض حساب درجة كفاءة الماكنة البخارية (من زمن كارنو) – والتي كان لها فضل النهوض بكامل (الثورة الصناعية) في الغرب فإن:

فقط $e = 1 - 300 / 373 = 20\%$

هـذا إذا أمكننا مقارنتها بمنشآت توليد الطاقـة الكهربائية الحرارية الحديثة التي تعمل بحرق الغـاز الطبيعي واستعمال بخار الماء المضغوط بدرجات حرارة عالية جداً تبلغ [ألف (1000) درجـة حـرارة فهرنهايتيه – أي ما يعـادل (800) درجة حرارة مطلقة] مـع مسربات حرارية ومبردات لا تزيد درجات حرارتها عن الـ (212 درجة فهرنهايتيه – أي ما يعادل 373 درجة مطلقة)، فإن مثل تلك المولدات سوف تشتغل بكفاءة نظرية قد تصل إلى (54%) أو أكثر قليلاً.

قـارن نسبـة الكفاءة هـذه بنسبة كفـاءة محـركات السيـارات ذات التصاميـم الممتازة – كمحركات سيارات السباق مثلاً – والتي لن تزيد في أحسن الأحوال عن نسبة كفاءة قد تبلغ (56 – 60 %) لا غير، ولكن إذا أخذنا بنظر الاعتبار تصاميم الغالبية العظمى من السيارات الشخصيـة وسيارات النقل والحمل والتي صممت أصلاً لتكون خفيفة الوزن مع قابليات لا بأس بها للمناورة والرفاهة أو القوة في أداء الأعمال فإن كفاءة مكائن مثل تلك السيارات لن تزيد في أحسن الأحوال عن نسبة الـ (25 %).

ومن الجدير بالذكر هنا أن (كارنو) نفسه كان قد استبعد ومنذ وقت مبكر إمكانية تصميم أو بنـاء أي ماكنـة مثاليـة ذاتية أو أزلية الحركـة، ولكنه مع ذلك واظب علـى تحسين أفكاره وتصاميمـه واستمر على توفير الاستشارات والنصائح وذلك من أجل الارتفاع بمستوى أداء المحركات والمكائن الحرارية إلى أقصى كفاءة ممكنة.

يُطلـق على المكائن الحرارية التي تضمنها السرد السابق اسم (الآلات أو المكائن الدورية – Cyclical Devices or Machines) بمعنى أنها تقوم بامتصاص ولفظ الحرارة وتقوم بإنجاز (شغل – Work) ما تبعاً لذلك. ويستحيل على مثل تلك الآلات بلوغ درجة الكفاءة المثاليـة البالغـة (100 %)، كما وتعتبر في ذاتهـا – لذلك – مثالاً ممتـازاً لتطبيقات وحدود (القانون الثاني للديناميكا الحرارية).

تمكننا اليوم إعادة صياغة هذا القانون المهم والحيوي في حياة البشر والكون والمكائن بثلاث طرق هي:

1 – لا يسمح (القانون الثاني) مطلقاً بتحويل كامل الطاقة الحرارية إلى شغل نافع ولابد من وجود فقدان ما في الطاقة. (حسب منظور اللورد كلفن).

2 – لا يسمح (القانون الثاني) مطلقاً بانسياب الحرارة الذاتي من الأماكن (أو الأجسام) الباردة إلى الحارة. (حسب منظور كلوزيس).

3 – يستحيل إتمام أي عملية أو فعالية أو نشاط في الكون إلا ويمعيته زيادة ملموسة في مقدار الانثالبية. (يقتبس مفهوم الانثالبية هذا الكثير مما جاء به كل من كالفن وكلوزيس آنفاً).

يعود تاريخ سك مصطلح (الديناميكا الحرارية Thermodynamics –) إلى العام (1849) حينما ابتكره عالم الرياضيات والفيزيائي البريطاني الشهير [وليم تومسن William Thomson 1824–1907] والذي اشتهر عالميا بلقب (اللورد كلفن – Lord Celvin)، وقد جاء ذلك في ورقة بحثه الخالدة التي احتوت تفاصيل عن تصاميم وكفاءة مختلف المكائن البخارية. أما تاريخ صياغة مصطلح (الانثالبية – Entropy) فيعود إلى عام (1850) حينما خطا (كلوزيس) خطوة أوسع وأبعد في تصوره لتصرف الحرارة وانتقالها وتقدير كفاءة تحولها أيضا، وقد حدد تعريفها بأنها مقدار الطاقة الحرارية (المفقودة) والتي لا يمكن الاستفادة منها بتحويلها إلى (شغل – Work) نافع. وكلمة (الانثالبية Entropy) هي كلمة إغريقية الأصل مشتقة من كلمة أخرى هي (Entrepein)، وتعني (التحول). جاء تفسير (كلوزيس) لاختياره لهذه الكلمة بالذات للدلالة عما أراد التعبير عنه في مقالته الشهيرة الموسومة: (Uber verchiedene fur die Anwendung bequeme Formen der Hauptgleichungen der Mechanischen Warmetheorie) وترجمتها: (في سبيل وضع عدة أشكال عملية للمعادلات الأساسية المعبرة عن النظرية الميكانيكية للحرارة)، حين قال:

> **((لقد وقع اختياري على كلمة (الانثالبية – Entropy) الإغريقية لأنها كانت بنظري أقرب كلمة استطعت التوصل إليها، مبنى ومعنىً، من كلمة (الطاقة – Energy) وذلك لتقارب المفهومين من الناحية التجريبية العملية وتقارب معناهما من الناحية الفيزيائية البحتة، الأمر الذي حتّم الوصول إلى صياغة لغوية تعكس هذا التماثل**

وتعبّر عن ذلك التشابه)).

حلل واضع مؤلف (القانون الثاني)، الكاتب (بيتر دبليو اتكنز – Peter W. Atkins) نقاط التشابه وأوجه الاختلاف ما بين كل من (كلوزيس) و (كالفن) بقوله:

((لقد نجح (كلوزيس) أكثر من (كلفن) في (جسر الحقيقة) بيواكير أعماله وتمكن من (بلوغ مربط الفرس)[1]، فلقد بيّن في ورقته المنشورة في عام (1850) بعنوان: (حول القدرة (Power) الحركية للحرارة) (Uberdie bewegende Kraft der Warme) فضل (كلوزيس) على (كالفن) حين قال:

((... وبعد أن استلهم (كلوزيس) مضمون الفكرة التي ابتكرها (كارنو – Carnot) والتي طورها وأضاف عليها كل من (جول – Joule) و (كلفن – Kelvin) على التوالي [ومضمونها – بأن الإلمام الكامل بالمسائل والإشكاليات التي كانت تحيط بمفهوم (الديناميكا الحرارية) هو أمر ممكن]، انصاع هذا الموضوع بفضله إلى التحليل والتهذيب والإضافة والتعديل. لقد كان تفكير (كلوزيس) ومنحاه بمثابة المجهر الذي تعمق بدقائق ومجاهل أمور (الديناميكا الحرارية) في حين اهتم (اللورد كالفن) بشمولية الموضوع وتشعباته فكان تفكيره أشبه بالمرقاب الفلكي المكبر البعيد المدى)).

لقد وصف (اتكنز – Atkins) ورقة (كلوزيس) التي سبق له نشرها بعنوان: [Uber die bewegende Kraft der Warne) – حول القدرة (Power) الحركية] (للحرارة) بأنها من أعظم إنجازاته في خلال حياته العملية، إن لم تكن أعظمها على الإطلاق. ولقد أكد (يونك سك كم – Yung Sik kim) مؤلف كتاب (جهود وفضل كلوزيس في تعميم وتطوير القانون الثاني للديناميكا الحرارية) قائلا:

((لقد بين (كلوزيس) وبالمعية ذهن ورجاحة فكر، بأن مقدار كمية الشغل (Work) المنجز من جراء استخدام أي ماكنة أو آلة تعتمد على مبدأ (دورة كارنو)، التي تعتمد أصلا في

(1) ورد التعبير في أصل النص كالآتي: (Cut closer to the bone than had Kalvin). (المترجم).

ذلك على تحرك وانسيابية الحرارة ما بين مستودعين مختلفين في درجتي حرارتهما من جراء استثمار كمية معينة منها، يعتمد أصلاً وحصراً على الفارق الحراري بينهما ولا يُبالي ولا يعتمد أبداً لا على نوع الوقود المحروق ولا على طبيعة الشغل المنجز)).

وبذلك يكون أول من وضع الفكرة الأساسية الواضحة لمضمون وفحوى (القانون الثاني للديناميكا الحرارية) ووثقها في بحثه الشهير حول الحرارة والمنشور في عام (1850).

لقد شكلت تلك الورقة الرائعة باكورة أعمال (كلوزيس) العظيمة وخطوته الأولى على طريق تحليله وتعمقه في دراسة (القانون الثاني)، وتمكن خلال السنين العشرة الموالية من نشر ثمانية بحوث أصيلة معقمة جليلة، حاول من خلالها تبسيط هيئة القانون وجعله أكثر سلاسة وأيسر هضماً.

أما ورقته بحثه الرائعة الثانية والتي كان قد نشرها بعد حين بعنوان:
(Ubereine Veranderte Form des zweiten Hauptsatzes der Mechanischen Warmetheorie).

-(حول تحوير وتعديل شكل النظرية الثانية في الميكانيكا الحرارية)، فلقد تضمنت آراءه البارعة حول المضي قدماً بتطوير مفهوم (الانثالبية). وتعتبر هذه الفترة أو هذا الحد الزمني هو الفاصل الحقيقي الذي توقف عنده عن استعمال مصطلح (الانثالبية)، وصار أكثر ميولاً للتفكير بـ واستخدام مصطلحه الجديد وهو (التماثل في الانتقالية – Equivalence of Transformations) وكانت تلك هي نقطة شروعه لابتكار ووضع مفهومه الجديد القائل – بعدم قدرة الحرارة ذاتها على الانتقال من الأجسام الباردة إلى الحارة أبداً – وقد توجت كل تلك الأفكار واختصرت كافة الأعمال، بجملته الشمولية الجديدة، والتي كان قد توصل إليها في عام (1865)، وهي: [Die Entrpie der Welt Strebeinen Maximum]، وتعني: (تميل مجمل كمية الانثالبية في الكون دائماً إلى التعاظُم).

لقد ابتكر (كيولن – Guillen) وببراعة متناهية تطويراً متقدماً لموضوعة (كلوزيس)، والتي فسر بها رياضياً ضرورة تقادم كل شيء بما في ذلك الكون في (العمر)، وإن كل شيء لابد سائر إلى الفناء.

ويُكتب ابتكار (كلوزيس) ذاك رياضياً على الشكل التالي:

$$\boxed{\Delta S_{universe} \geq 0}$$

وأحـد التعابـير الكاريكاتورية اللطيفـة لمضمون تلك (الجملة) الرياضيـة تأتي على شكل (شرح) تصرف منظومة أحـد المصارف مع عملائه: والتي تجسد بالفعل ما المقصود (بقانون استحالة حفظ الانثالبية) الذي وضعه (كلوزيس) كالآتي:

((إن سـر عمل هـذا المصرف (وأي مصرف) يعتمد أصـلاً على ضـرورة وجود (نقود موجبة) في خزائنه تتأتى دائماً من ودائع المسـتثمرين فيه، صـحيح أن بعض المصارف الربويـة تقوم بمنح هوامش ربح محددة لعملائها وقد تقوم بتقديم بعض التسـهيلات في الإقراض والمعاملات كما أنها قد توزع الجوائز والمنح والرواتب وتقوم بدفع مصاريف الإعلانات المختلفة، وهذا ما يعتبر أصـلاً (نقوداً سـالبة) يخسرهـا المصرف، وتخرج حقيقةً من خزائنه، ولكن مهما بلغت أقيام (نقود المصرف السالبة) فإنه لابد أن يتمكن من تغطيتها من أجور المعاملات وفوائد الإقراض وحصـيلة المضاربات التي يقوم بها - بأموال ونقود المشاركين والمساهمين فيه - وعليه لابد أن يبلغ إجمالي نقوده الموجبة - أي ما يربحه من عملائه وأموالهم أكثر من إجمالي نقوده السالبة - أي ما يدفعه ويصرفه لهم، وبخلاف هذه القاعدة وهذا القانون لابد أن يفلس هذا المصرف إن عاجلاً أم آجلاً وسيغلق أبوابه ويُسرّح موظفيه لا محالة)).

لقد امتد اهتمام (كلوزيس) إلى مجال الغازات وتصرفاتها، إلى الدرجة التي حاول معها وضع تصوره الخاص حول حركة الجزيئات الغازية واستعمال نماذجها في تفسير تصرفاتها. وفي ضمن هذا السياق نراه يقترح ضرورة اكتساب جزيئات أي غاز لخاصية الحركة الدورانية - وذلك لتفسير مقدار الحرارة التي يكتنزها - إضافة إلى حركتها الانتقالية بخطوطها المستقيمة المعتـادة. وكـان قـد تمكن بالفعـل مـن التوصـل إلى وضـع أُولـى علاقاتـه المهمة الخاصة بالغازات والتي تربـط مقادير طاقاتها الحركية المعرفة بـ«Kinetic Theory of Gases» بقوانين الديناميكا الحراريـة. وبعد ذلك كله شـرع وابتداءً من عام (1875) بتطويـر اهتماماته وأفكاره وتسجيل ملاحظاته وتحسين نظرياته في حقل الديناميكية الكهربائية (Electrodynamics).

لقـد كان تاريـخ تطـور وحركة هذا العلـم الوليد ومحاولـة ادماجه مع الكثـير مـن فروع

العلـوم الفيزيائية المستحدثة والتليدة على وشك البزوغ. هـذا وقد نما وتجانـس هذا المشروع العلمـي الذي جمع كل مـن الرياضي والفيزيائـي الأسكتلاندي العريـق [جيمس كلارك ماكسويـل (James Clark Maxwell (1831-1879] مـع (كلوزيسـ) في عـام (1871) حتـى تجسّد، وصار يعرف بعلم (الديناميكا الحراريـة الإحصائية – Statistical Thermodynamic)، والذي اختص بدراسة وتحليل المواصفات الرياضية لأعداد كبيرة جداً من الجسيمات التي يجمعها نظام واحد، أو تخضع لشروط ومجموعة عوامل متجانسة.

كمـا تمكن الفيزيائي النمساوي [لودفك بولتزمـن –Ludwig Boltzmann (1844 1906] في عام (1875) من وضع العلاقة الرياضية المدهشة التي ربطت ما بين (الانثالبية–S) والحركة والتي يعبر عنها بالمعادلة التاليـة:

$$S = k\ln W$$

وهنا تمثل S – مقدار معدل الانثالبية

و W – العـدد الاحتمـالي للحـالات الممكـن تقمصها مـن قبل النظـام و k – هو ثابت بولتزمن، والذي يمنح (S) وحداتها.

ومن طريف القول إن هذه المعادلة كانت قد نقشت على شاهدة قبر (بولتزمن)، فأصبحت السمة المميزة له!!.

ولـم يتخلـف العالـم الفيزيائـي الأمريكـي الحصيف [ريجارد فلبس فينمن – Richard Phillips Feynmann (1918-1988)] عـن الإدلاء بدلـوه والمساعـدة في تفسـير وفهـم نموذج (بولتزمن) للانثالبيـة. وخير ما طرقه من المواضيـع ذوات العلاقة كان تفسيره لمبادئ ومفاهيم النظام والعشوائية من وجهة النظر الرياضية البحتة، وقد ذكر ذلك في فصل (الانثالبية والنظام) من كتابه البديع (محاضرات في الفيزياء) والذي جاء فيـه:

((دعنـي أفتـرض إمكانيـة تقسيم فضاء معين [سأرمز له بالحرف (أ) ألـف، مثـلاً] إلى عناصـر صغيـرة متعددة، يحمل كل منها رقماً خاصاً به (مثل 1،2،3،4... وهكذا).

فإذا كان لدينا نوعين مختلفين من الجزيئات (ولنعتبرهما باللونين الأبيض والأسود مثلاً)،

فمـا هو عدد الاحتمالات التـي يمكننا افتراض حدوثها إذا رغبنا باصـطاف الجزيئات السوداء في جهة من هذا الفضاء واصطفاف الجزيئات البيضاء في الجهة الأخرى منه؟ ومـن ناحية أخرى؛ ما هو عدد الاحتمالات التي يمكننا الحصـول عليها عندما تذهب أي جزيئة إلى أي مكان تريد – وبدون لا ضـابط ولا شرط؟ من البديهي أن يكون عدد الاحتمالات في فرضـيتنا الثانية أكثر بكثير من عددها في فرضـيتنا الأولى. ومما سـبق يمكننا أن نسـتنتج تعريفاً لمعنى (الفوضـى– Disorder) وطريقةً لقياسـه؛ باعتباره عدد الاحتمالات الممكن أن تصـطف بموجبها العناصر المكونة لأي نظام، بحيث يبدو كل احتمـال منها (لأي مشـاهد أو مراقب من خـارج هذا النظام) وكأنه يشـابه كافة الاحتمـالات السـابقة (أي بحيث لا يمكن للمراقب من ملاحظـة أي تغير في النظام).

والآن بإمكاننا تعريف (الانثالية) رياضـياً بأنها لوغارثـم عدد الاحتمالات التي يمكن أن تصف بها عناصر أي منظومة نفسها بدون أن تبدي أي تغير لمراقب خارجي. والآن – كلما كبر حجم عناصر مجموعة ما (محصـورة في فضـاء محـدود) وكلما حددنا حرية تحركها أو قنّنا أشـكال المجموعات المصـغرة التي بإمكان تلك العناصر اتخاذها، كلما قلت انثالبية ذلك النظام أي زاد نظامه وقلت العشوائية فيه)).

لقـد ذكر لنا (جـون هتجنسـن – John Hutchinson) مثالاً فكريـاً لطيفاً، فسر به، وساعدنا على تصور كيفية انسياق أي نظام إلى العشوائية. جاء ذلك في كتابه المعنون (التوازن والنظام والقانون الثاني للديناميكية الحرارية) حين كتب يقـول:

((دعنا نتصور وضعنا لنقطة (حبر) في إناء ماء صاف. عند ملامسة نقطة الحبر لسطح الماء ستكون جزيئات الحبر مركزة جداً، الأمر الذي يدفعنا إلى اعتبارها (قريبة) جداً بعضها من بعض. ولكن وبمرور الوقت سنلاحظ انتشار (مادة) الحبر خلال كامل إناء الماء. لقد تمكن العلماء من إثبات إمكانية حصول عملية (الانتشار) فعليا في الإناء بدون أدنى حاجة لأي فارق حراري، وعليه سـنستنتج طبيعيا عدم حاجة هذا النظام (نقطة الحبر وانتشارها ضمن جزيئات الماء في الإناء) لأي امتصـاص أو إنتاج للطاقة خلال عملية الانتشار والتداخل.

وهنا علينا ألا نغفل الفرضية القائلة بأن جزيئات مادة الحبر ستنتشر (وتتحرك) بدون أي ربح في الطاقة أو أي خسارة بها، بمعنى أن العملية سوف تتم تلقائياً)).

ملخص ما رمى إليه (هتجنسن) في مثاله وأرادنا أن نفهمه يتجسد واضحاً عياناً إذا ما حاولنا تمثيل التجربة السابقة التي جاء بها واستحضار نموذج يحاكيها؛ والآن لك أن تتصور وجود سطر من المربعات – يمثل كل واحد منها مكاناً محتملاً لتواجد جزيئة حبر داخل إناء الماء، أو تواجد جزيئة ماء صافية دون تداخلها مع جزيئة الحبر. نطلب منك في الخطوة الثانية (تعليم) – أي وضع علامة – للتمييز والتفريق بين جزيئات الحبر وجزيئات الماء... ولتكن أي علامة تحب [كعلامة الوجه المبتسم مثلاً: (☺) Smiliey] ولغرض الشروع في التوضيح دعنا نتفق أيضا على تمثيل قطرة الحبر الواحدة – بكل جزيئاتها – على شكل ثلاثة أوجه مبتسمة متصافة كما يلي:

				☺	☺	☺			

ببقاء كافة جزيئات قطرة الحبر متراصة مع بعضها – (وهذا ما اتفقنا على تمثيله بالشكل الآنف – على كون الوجوه الثلاثة متراصة مع بعضها)، لا يمكننا إلا وضع ثمان تشكيلات مختلفة في المواقع العشرة السابق افتراضها، على اعتبار كون جزيئات الحبر الثلاثة أعلاه متشابهة تماماً ولا فرق بينها أبداً، وأنها بمجموعها (3) تمثل كامل قطرة الحبر المستعملة.

ولكننا وبطبيعة الحال سوف نحصل على عدد أكبر من الاحتمالات إذا حاولنا التلاعب وتغيير أماكن (جزيئات القطرة – ونعني بذلك الأوجه المفردة كل على حدة). وعليه يمكننا وضع الاستنتاج الأول التالي وهو: **أن احتمالات توزيع (القطرات الكاملة) فيما بين جزيئات سائل أو انتشارها، لابد وأن يكون اقل من عدد احتمالات توزيع (جزيئات القطرة الكاملة)** فيما بين جزيئات نفس السائل. وباستعمال نموذجنا السابق يمكننا أن نرسم الشكل التالي:

	☺			☺		☺			

سنحصل – رياضياً – وباستخدام هذا التمثيل على مجموع احتمالات مقداره (112) في حالة إعادة توزيع الجزيئات مع افتراضنا احتفاظها (بعد اختلاطها) بعضها ببعض من ناحية، وضرورة افتراضنا أن كافة الجزيئات الممثلة في هذا النموذج متماثلة تماماً وتشبه الواحدة منها

الأخرى من ناحية ثانية. أما عدد الاحتمالات الممكن إعادة تشكيل الجزيئات بها – وبدون أي تكـرار – فسيبلغ (120) احتمالاً. وعليه يمكننـا الاستنتاج بسهولة بأن احتمالية احتفاظ كافة جزيئات قطرة الحبر بنظام تراصها مع بعضها (الممثل بوجود الوجوه الثلاثة متقاربة مع بعضها في نموذجنا السابق) سيبلغ معدل احتمالية مقداره 8 مرات فقط من مجموع الـ(120) احتمال.

تنص (النظريـة الحركية) على وجوب كون كافـة جزيئات أي مادة أو عنصـر في حالة حركة عشوائيـة مستمـرة، تعيد خلالها ترتيـب جزيئاتها بصـورة فوضوية غير التي كانـت عليها قبل هنيهـة من الزمن. وبما أن الغالبية العظمى من هذه التشكيـلات التي تتخذها الجزيئات لا يؤهلها (للاصطفـاف المنتظم) لتكون (حالة القطرة) شديـدة الانتظام قليلة الفوضى ولذلك فإننا لا نرى (القطـرة) بعـد إسقاطهـا في إناء الماء. وإنما علينـا أن نستنتج – طبيعياً – بـأن الغالبية العظمى من جزيئات تلك المادة وللغالب الأعم من وقت تواجدها ستكون بالحالة العشوائية (البعيدة فعلياً عن تشكيل القطرة). يحدث التداخل والتمازج ما بين جزيئات الماء وجزيئات الحبر لوجود الكثير من تشكيـلات واحتمالات الاصطفاف الجزيئي العشوائي والتي (لم تحدث بعد) من التي قد حدثت فعـلاً، وعليه تستمر الجزيئات بالاختلاط والتمازج (وتتصرف ضمن حركتها العشوائية) المعتادة مرة بعد أخرى لأنها بذلك تقترب شيئاً فشيئاً وبمرور الوقت من الحالة المستقرة النهائية المحتملة.

لتوضيح أمثلتنا السالفة أكثر، وباستعمال لغة (الديناميكا الحرارية) ذاتها يمكننا أن نقول بأن افتراض وجود احتمالات الأماكن الـ(112)، وهي ما يطلق عليه رياضياً (W– أي الحالات الاحتماليـة الصغرى – Microstates)، هو ما يُنشئ الحالة (أو الحالات) الواقعية الكبرى (أي الحالـة الفعلية). وحالتنا الفعلية (الكبرى) في مثال نقطة الحبر في إناء الماء هي بامتزاجها معه. وللسبب السابق عينه – وباستعمال القانون الرياضي التالي:

$$S(W) = K\ln W$$

سنتمكن من حساب مقدار (الانثالبية)، وبذلك سنقتنع (أو على الأقل سنشعر) بحقيقة... لمَ ستـزداد انثالبية أي نظام إذا ما زادت حالاته الاحتمالية الصغرى. وسيمكننا هذا المثال من إعـادة صياغة (القانون الثاني للديناميكا الحرارية)، فنقول بأنه كلما عظم حجم (أو مسـاحة)

أي نظام فإن مجمل مقادير الاحتمالات الموجودة فيه ستزداد (ونعني بذلك زيادة قابليته على الامتـزاج بأي مادة أخرى تضاف إليه، أو تختلط به)، وعليه سيكون حاوياً على مقدار أكبر من الانثالبية وعليه فإن كثرة التحركات العشوائية (الذاتية) لمكوناته (..... حالاته الاحتمالية الصغرى) ستمكنه من بلوغ حالات تحتوي على كمية انثالبية أكبر.

ولنا اليوم أن نتذكر إنجازات (بولتزمن – Boltzmann) العظيمة ونُكبر من شأنه لتوصله إليها، كمـا لنا أن نتذكـر مآسيه ومصاعبه وانتحاره لنحزن عليه. لقد توصل الرجل بأفكاره وأعماله التي أحاطـت بمفهوم (الديناميـكا الحرارية)، كما أحاطت بظواهر (الحـرارة) ومنظور (العشوائية) إلى ضرورة وجود مفهوم (أجزاء صغيرة جداً – أسميناها لاحقا) الذرات، يعتمد عليها ويفترض تحركها المتكرر والعشوائي لغرض تفسـير ظاهرة الحرارة كصفة احتمالية إحصائية للمواد. ولكن القدر لم يكـن في صالـح عقله المستنير، ولا مع حظـه في الربح الوفير فقدر له وجود الثلـة من معاصريـه، ونذكـــر منهم الفيزيائي النمساوي المرموق [ارنست مـاخ (1916–1838) Ernst Mach] والكيميائـــي الألمانـــي العتيـــد [فلهلم اوستوالـــد (1932–1853) Wilhelm Ostwald] اللـذان لم ينفكا أبداً عـن جداله واستسخاف آرائه، فهما لم يكونـا ليكتفيا بجداله علميا وتفنيد ما ذهب إليه منطقياً، وإنما طفقا يشيعان عنه الإشاعات وينتقصان من شخصه ومن أفكاره.

بلـغ (سيـل – بولتزمن من جـراء انتقاداتهمـا اللاذعة – الزُبـى)[1] وساءت حالتـا الكآبة والانكفـاء اللتـان لازمتاه، فعمد إلى الانتحـار في عام (1906). ظهر مـن التحليل النفسي (الرجعـي) المتقـدم – بعـد وفاته – إصابتـه ومعاناته مـن (الأعراض الانفصاميـة الحادة – Bipolar Disorder) وضعـف معـدلات صبره وتحمله للضغوط العصبيـة والنفسية، واللائـي كنّ يتعاظمـن ويستفحلن في خلال فترات نقاشه المحتدم مـع زملائه وعند شعوره بالمهانـة والانتقاص والتقليل مـن شأنه من قبل معاصريه. كل ما قد وصـل إلينا – على وجه اليقـين – حول حالته في أيامـه الأخيرة، وعن حادثة انتحاره أنه كان قد قرر قضاء فترة عطلة

(1) والزُبى – هي أعالي الجبال وسامق الارتفاعات التي تتخذها كبريات الطيور الجارحة أعشاشاً لها. (المترجم).

للاستجمــام والراحــة، وكان قد اصطحب معه كل من زوجته وابنتــه، ولم يلتفت الجميع إلا وقد علّق رقبته بحبل أنشطه بفرع جبار لشجرة عالية بجانب حوض السباحة وشنق نفسه!! وبمقاييسنا اليوم وبضمن مفهومنــا الحديث للعلوم لا نرى أي شائبة من محاولات (المسكين) اشتقــاق مفاهيم الديناميكا الحرارية مــن افتراض وجود جسيمات صغيرة جداً تكوِّن صُلب المــادة الغازية – أسميناها بالذرات ولكن علينا ألا ننسى أيضاً أن علماء الحقبة التي عاش فيها (بولتزمن) ومفكريها لم يكونوا ليؤمنوا بوجود شيء اسمه (الذرات) في ذلك الزمان.

وصف واضع كتاب (تاريخ الضوضاء) المؤلف (ليون كوهن – Leon Cohn) (بولتزمن) بكل العلمية والموضوعية والتعاطف بأنه كان:

(([رجــلاً ولا كل الرجــال]... لقد امتاز بولتزفي بكل شــيء ونجح في كافة مســاعيه، فلقــد كان فارع الطول، عظيم الجثة قوي الشخصــية ذو شــهية طاغيــة عارمة للطعام وللتنويع فيه. أحب الســفر بشــغف وأولع بالإثارة بوَلَه، كما كان وسيماً، وكان مرحاً يحب النكتة والحياة (في حالات صــحوته)... ناهيك عن ذكر إنجازاته العلمية الفريدة وأعمالــه الخالدة. إلا أنه عانــى وفي ذات الوقت من نوبات قاتلة من الكآبة والانطواء، وكان غضــبه (في ســوراته) جبــاراً قد يبلغ به أحيانــاً مبالغ الجحيم. ومــن نافلة القول وسخرية القدر أن نذكر أنه كان عالماً فذاً ورجلاً مقداماً لم يفشل في حياته قط فقد كان النجــاح حليفــه دائماً... حتى في إقدامه على الانتحار!! ولكنه كان في مجمل مســيرته لطيــف المعشر حلو الحديث وكان يُغَمّ عليه معرفة أســباب معاداة أصــدقائه العلماء له وانتقاصهم من شأن أفكاره، رغم إيمانه الراسخ بأن ما كان يرمي إليه لم يكن سوى رغبته الصادقة بتقدم العلم وحبه الشديد لاكتشاف ما يمكن أن يستجد فيه. ورغم المآسي التي صــاحبت حياته، إلا أنّ هناك بعض ما يثلج الصــدر ويعزي النفس في ســيرته الصاخبة المحزنة...، مثلما جاء على لسان العالمة والفيزيائية المكتشفة لظاهرة الانشطار النووي (ليزا ميتنر – Lisa Meitner)، والتي ذكرت (بولتزمن) بأنصــع صورة ووضعت تصرفاته بأحلى إطار حين قالت: كيف لي أن أنسى أستاذي ومعلمي (بولتزمن) والذي

كان القدوة لنا جميعاً في اندفاعه وطموحه وإخلاصه في إيصال كل ما كان يروم تعليمنا إياه بحيث علق في ذاكرتي أننا كنا في صـدد إبحار جديد واكتشاف عظيم في مستهل كل محاضرة حضرناها له، ناهيك عن خلقه اللطيف وتعامله النازك معنا الأمر الذي لم أر بجماله ولا حلاوته مثيلاً ولما تبقى من عمري وممن عاشرت من زملائي)).

وبعـد هذا السفر الممتع للبعض (أو المضني للبعض الآخر) دعني أختتم موضوعي الذي تناولت فيـه بالشرح والإسهاب توضيح المقصود العلمي من (**قانون كلوزيس للديناميكا الحرارية**) بطرح اللغز التالي والذي عادة ما أختتم به مواضيعي ومحاضراتي لطلابي والذي غالبا ما نال استحسانهم...

دعنـي فقط أذكرك - وبسرعة - بالاحتمال الضئيل - والضئيل جداً - الذي سبق طرحه، وهـو احتمال اختناق أحدنـا في غرفة إذا ما صـادف ارتحال وهجرة كافـة جزيئات الهواء المتواجد فيها إلى إحدى زواياها... ولا حاجة للتذكير بقرابة (صفريه) هذا الاحتمال بالنظر للحركة العشوائية لجزيئات الهواء فيها. ولكن لغرض إدراك هذه الاحتمالية (الشبه صفرية) دعنـي أبتكر مسألـة بسيطة، أفترض فيهـا وأتساءل عن مدى احتماليـة (قفز وهجرة) عشر جزيئـات فقط من هـواء الغرفـة (وتجمهرها) فـي إحدى زواياهـا والتي لن تشكل أكثر من 10% من مجمل الحجم الكلي لها؟

وإليـك الحل: لنفرض ابتداءً - ولغرض تبسيط المسألة - وجـود جزئية هواء واحدة فقط شاءت أن (تتمرد وتقفز) بنفسها إلى زاوية الغرفة مبتعدة عن موقعها الطبيعي الذي يمليه عليها أسلوب حركتها العشوائية الذي تمليه عليها اصطداماتها ببقية الجزيئات المحيطة بها. بحساب الصدفة فقط فإن لها احتمالاً يبلغ 10% أو (العُشُر) أن تصل إلى موقع جديد محدد مسبقاً في الزاويـة التي يبلـغ مجمل حجمها 10 % من حجـم الغرفة ككل. ولكـن إذا افترضنا وجود جزيئتـين بالسيناريو السابق (أي افتراض تحركهما لبلـوغ الزاوية) فإن الاحتمال الإحصائي لتحقيـق ذلك الافتراض سيتقلص ويقل كثيراً عما هو الحـال عند وجود جزيئة واحدة، فهو سيصبح [$^1/_{10} \times {}^1/_{10} = 1\%$] فقط، ولكن اذا فكرنا بالجزيئات العشرة التي ابتدأنا بها فرضيتنا فسيتقلص الاحتمال أكثر إلى احتمـال واحد مـن (10،000،000،000) احتمال!! وإذا

أكملنا حساباتنا على هذا المنوال فإن حظ (100) جزيئة في بلوغ زاوية الغرفة التي لا تشكل أكثر من 10% من كامل حجمها سيتضاءل ليصبح احتمالا واحدا من (كوكول – Googol) احتمالا لبلوغ هذا الهدف. والكوكول – هذا وللعلم فقط – يبلغ رقما مهولا هو العدد عشرة وأمامه (100) صفر!! أي العدد عشرة مرفوعاً إلى الأس (100). وبحساب معقد نوعا ما نستنتج بأن الزمن اللازم لكل (المئة) جزئية لبلوغ زاوية الغرفة سيستغرق دهراً يضاهي عدد مضاعفات عمر كوننا الحالي بمقدار هو العدد عشرة مرفوعة إلى الأس 80 (10^{80}). لقد أُعجب الرياضي والكاتب الألماني (روبرت ارلخ – Robert Ehrlich) بالطرفة السابقة كل الإعجاب وقام بإجراء بعض الحسابات الذي جاء ذكرها في كتابه الجميل **(ما الذي سيحدث إذا تمكنا من إعادة البيضة المخفوقة سالمة صحيحة إلى داخل قشرتها؟)** حين أوضح أن معدل عدد الجزيئات الموجودة في غرفة اعتيادية يبلغ على وجه التقريب... الرقم عشرة مرفوعة إلى القوة 27 – أي (10^{27}) وعليه سيبلغ احتمال تجمهرها جميعاً واحتشادها في زاوية الغرفة مبلغاً لا يكاد يذكر لضآلته – وبسبب حركتها العشوائية – وهو:

$$\boxed{10^{10^{27}}}$$

إن ضآلة هذا الكسر قد تتوضح لنا أكثر بحساب الاحتمالات إذا قارناه وساويناه باحتمال إمكانية قفز تمثال الحرية (الأمريكي) إلى السماء وتصفيقه بيديه تاركا مشعله ليسقط في البحر!!. ولا تعجب عزيزي القارئ من هذه الأرقام والاحتمالات الافتراضية، ووفر عجبك إلى الحالات العملية الفعلية والتي تنطبق على جزيئات الغازات الحقيقية والتي لها خاصية الانتشار في الفضاء إضافة إلى خاصيتها في الحركة العشوائية وهذا ما يعني تولد احتمالات مواقع جديدة كثيرة أخرى اعتماداً على المواقع المتغيرة السابقة واللتان تتضاعفان مرات ومرات بمرور الزمن.

دعني أختتم هذا **(الصداع)** بملاحظة واحدة أخيرة وهي تتعلق بربط مفهومي (الطاقة – Energy) بـ (الانثالبية – Entropy)...

يعرف مصطلح (طاقة كبس الحرّة – Gibbs Free Energy) بأنه مقدار ذلك الجزء من طاقة أي نظام ديناميكي حراري والذي له القدرة على إنجاز (شغل – Work) نافع. ويمكننا

اشتقاق التعريف السابق والذي يرمز له بالحرف (G) من (قانون كلوزيس) وعليه سيكون:

$$\boxed{G \equiv U + PV - TS}$$

حيث يمثل G – مقدار طاقة (كبس) الحرة و U – مقدار الطاقة الداخلية للنظام و P – ضغطه و V – مقدار حجمه و S – مقدار الفرق في انثالبيته

تشكل المتطابقة السابقة مع المعادلة التاليــة

$$\boxed{\Delta G = \Delta H - T\,\Delta S}$$

حيث تمثل ΔH – مقدار التغير في انثالبية النظام (أي مكنونه الحراري).

تبرز الأهمية البالغة لمثل المعادلات والمتطابقات السابقة جليةً إذا أدركنا أهميتها وتطبيقاتها في مجالات الكيمياء الفيزيائية وحين ينصب اهتمامنا على ضرورة معرفتنا المسبقة فيما إذا كان أي تفاعل في الطبيعة سيتمكن من المضي قُدماً إلى نهايته تحت ظروف ثابتة من درجة الحرارة ومنسوب الضغط أم لا!. لابد لأي عملية أو تفاعل أو حادثة في الطبيعة – والتي تتم بصورة ذاتية بدون أي تدخل لطاقة أخرى في أحداثها أو استمراريتها – أن تكون متصاحبة، وبمعية مقدار تغير سالب في مقدار (طاقة كبس الحرة G) في حيز النظام الذي تتم فيه: أي [$\Delta G<0$] (ولي الحق أن أذكر هنا أنه لولا هذا القانون لما استطعت أنا شخصيا من إكمال ترجمة هذا الكتاب).

أما مصطلح (طاقة كبس الحرة – Gibbs Free Energy) فقد اشتقّ من اسم الفيزيائي والعالم الكيميائي [جوشيا ولرد كبس – 1903–1839) Josiah Willard Gibbs)] والذي عُدّ واحدا من أعلام العلماء الأمريكيين الذين عاشوا خلال فترة القرن التاسع عشر. وقد جاء في وصفه والتعريف به في الموسوعة البريطانية على لسان الكاتب (ج. ج. كوثر – Cowther) ما يلي:

((لقد نذر (كبس) نفسه للعلم فلم يتزوج مطلقاً، وظلّ عازباً يعيش في دار أخته، وفي خلال سني عطائه، كان رجلا سامق القامة، وسيم الملامح، طيب الخلق، لطيف المعشر، جزل الحديث، وإن كانت محاضراته صعبة المنال وعزيزة الفهم إلا من قبل أخيار الطلبة النجباء وطليعة أذكيائهم..

لقد كان وقوراً في تصرفاته وأفكاره، ونال إعجاب أصدقائه وجيرانه، إلا أن سوء طالعه أوجده في زمن طغت الحياة المادية والأسئلة العملية والإنجازات الملموسة على عقلية الأمريكيين وشكلت حياتهم واستحوذت على جُلّ اهتماماتهم، وعليه لم تلق إبداعاته الفكرية ولا انجازاته النظرية القدر الكافي من الرعاية ولا ما تستحقه من احترام وتقييم وتبجيل خلال فترة حياته. وبناء على ذلك نراه قد اعتزل الحياة العامة في مدينته (ييل - Yale) وعافتها نفسه وانزوى بنفسه وأفكاره إلا عن المقربين له من أصدقائه وطلابه.

وبناء على ما سبق لم يتمكن (كبس) من إيجاد التأثير المتناسب مع مكانته العلمية وملكته الفكرية على المجتمع العلمي الأمريكي آنئذ، والذي لم يعره بدوره أي اهتمام لا لشخصيته ولا لعبقريته)).

قارن كبس (وبأسلوب فطن، ذكي) ما بين منحى وطريقة تفكير معظم الرياضيين وما بين منحى وتفكير أغلب الفيزيائيين. وقد نقلت دورية العلوم الشهرية في عددها الصادر في شهر كانون أول (ديسمبر) من عام (1944) قوله ما يلي:

((بإمكان الرياضي - أي رياضي - أن يقول ما يشاء، ولكن على الفيزيائي الحصيف ألا يصدق كل ما يُقال له...)).

أشار مؤلف كتاب (فيزيائيون عظام)، الكاتب (وليم اتش. كروبر - William H. Croppor) إلى منزلة (كبس) وما قدمه إلى حقل علوم الديناميكا الحرارية بقوله:

((لقد كانت منزلة (كبس) نسبة للعلوم الديناميكا الحرارية، كمنزلة (نيوتن) لفيزياء القوى والجاذبية. فلقد انبرى بشجاعة واقتحم بإقدام كل المواقع التي تردد (كلوزيس) نفسه باقتحامها.

لقد أدرك (كبس) وبوقت مبكر العلاقة التي تربط ما بين الطاقة والانثالبية واستفاد منها كل الاستفادة خصوصا في دراسته للتغيرات والتفاعلات الكيميائية، وتمكن من إضافة المصطلح العلمي والعملي المهم المعروف (بفرق الجهد الكيميائي الكامن - Chemical Potential Difference)... واتخذه أساساً لنظرياته وأفكاره في

هذا الموضـوع والذي فتح - حينما جاء ذكره في أطروحاته وأبحاثه - الباب واسـعاً على مصراعيه وأخذ المشهد الحراري إلى أفق أرحب، وأبعد بكثير مما اختطته له النظرية الحرارية بمفهوم (كلوزيس) نفسه...)).

هنـاك قانـون آخر ذو علاقة اسمه (قانـون هس لمجمل الحرارة الثابتـة – Hess's Law of Constant Heat Summation) وقـد اكتشفـه العـالم الكيميائـي السويسـري المولد، الروسـي الجنسية [جرمين هنري هس Germain Henri Hess 1802–1850]؛ والذي ينص على أن **مقدار كمية الحرارة الممتصة أو المنبعثة من أي تفاعل كيميائي حراري – سلبي الحرارة كان أم إيجابياً – تعتمد على حالتي تفاعل الشروع والنهاية فقط، ولا تعتمد لا على مقدار الحرارة الممتصة ولا الناتجة خلال حدوث الخطوات الوسطية الموصلة إلى ناتج التفاعل النهائي.** ولقـد فسحت لنفسي المجال لمناقشة هذا القانون بإسهاب أكثر في باب (المتنافسون العظام) في آخر هذا الكتاب.

امتـدت يد المنـون لتختطف روح (كلوزيس) في مدينة (بـون – Bonn) الألمانية في ليلة من ليالي عـام (1888). وكتب نعيه، الذي نشرته دورية (إنجازات الأكاديمية الأمريكية للعلوم والفنون) ومقرها مدينة بوسطن (Boston)، (كبس) بنفسه، ولم يجحف فيه أحقية (كلوزيس) بلقب (الأب الشرعي للديناميكا الحرارية) بلا منازع، فلقد أعاد للأذهان في ذلك النعي وثبت حقيقة بداية حقل الديناميكا الحرارية فعليا في عام (1850) عندما نشر (كلوزيس) ورقة بحثه الأولى والشهـيرة حول (القانون الثاني)، كما أشاد (كبـس) أيضا بأهمية الصياغة العلمية التي تقـدم بها اللورد (كلفـن) لذلك القانون والتي ظهـرت في العام المـوالي أي في عام (1851) وأكـد اعتمادها واستفادتها البالغة من بحوث وأعمـال (كلوزيس) السالفة. كما أشاد العالمان والمؤلفـان (ديباشش شـودوري – Debashish Chowdhury) و (دايترخ ستـاوفـر – Dietrich Stauffer) بمنزلـة (كلوزيس) وبأهمية ورقته المنشورة في عام (1850) في كتابهما الموسوم: (مبادئ التوازن في الميكانيك الإحصائي) والذي جاء فيـه:

((لقد جاءت مسـاهمات وأفـكار (كلوزيس) داعمة ودافعة لعلـوم الديناميكا الحرارية

إلى الأمام بنفس الطريقة والأهمية والمقدار الذي ساهمت فيه أفكار وإنجازات (نيوتن) لدفع علوم الميكانيك إلى الأمام، وبنفس المقدار والأهمية التي ساهمت به معادلات (ماكسويل) على دفع علوم الكهرومغناطيسية إلى التقدم. لم يغب عن ذهن (ج. دبليو كبس - J.W. Gibbs) وهو يقرأ نعي (كلوزيس) الإشارة إلى أهمية أول مذكرة بحث نشرها والتي كانت بحق، (قمة من قمم الإنجاز العلمي في حقل الفيزياء، قل نظيرها في تاريخه...)، لم يقدم لنا التاريخ الكثير عن تفاصيل حياته ولا عن أحداث صباه وحياته، إلا أن أهم ما سيتبقى في ذهن الدارسين والباحثين عنه هو ما ثبته (كبس) عنه، مشيراً إلى مدى الإجحاف ودنو المنزلة التي قوبلت به أبحاثه المنشورة - على قلتها وأهميتها - من قبل السواد الأعظم من علماء عصره... بقوله: (لا يعتمد مدى أهمية الفرد ومقدار سمو زخمه الذهني على مقدار ما يرصه من بحوث وكتب على رفوف المكتبات، وإنما تعتمد على مدى الاحترام الذي استطاع أن يزرعه ويرعاه في أذهان القلة من طلابه ومعجبيه، وعلى عمق الأثر وشمولية التأثير الذي تركه إنجازه على باقي العلوم)).

تم تقدير الجهود العظيمة التي بذلها (كلوزيس) للعلم ومريديه وذلك بتسمية إحدى فوهات القمر بقطر (24 كيلو متراً) باسمه، وقد تمت المصادقة على هذه التسمية من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالمية وذلك في عام (1935). ذكرت (اليزابيث كاربر - Elizabeth Garber) في كتابها القيم (لغة الفيزياء) بعض الصفات الفريدة والخصال العتيدة التي تحلى بها (كلوزيس) والتي لم تكن من المعتاد من الصفات ولا من المتداول من الخصال حين قالت:

((لم تكتس أبحاث (كلوزيوس) بصبغة أبحاث القرن التاسع عشر، ولم ترتد ثوبها أبداً. فلقد كانت ذات نكهة خاصة بمزيجها التجريبي والرياضي. لقد عرف بكونه فيزيائياً نظرياً نطاسياً، إلا أنه لم يكن يميل إلى نشر تجاربه ولا أبحاثه ولا الرياضيات التي استند إليها فيهما أبداً، رغم إدراكه العميق ويقينه التام بصحتها.... أضف إلى كل ما سبق حيازته كأس السبق من بين كافة الفيزيائيين الألمان في إلمامه الرصين وإدراكه العميق بحيثيات وتفاصيل الرياضيات المعاصرة وقابليته الفذة على مناغاتها ومجالدتها وتطويعها لتنقاد إلى تحقيق كافة أغراضه ومراميه....))

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Atkins, Peter. W., *The Second Law* (New York: Scientific American Books, 1984).

Cardwell, Donald, *From Watt to Clausius: The Rise of Thermodynamics in the Early Industrial Age* (Ames: Iowa State Press; reprint edition, 1989).

Carnot, Sadi, *Réflexions sur la puissance motrice du feu* (Paris: Bachelier, 1824).

Chalmers, Matthew, "Second Law of Thermodynamics 'Broken,'" *NewScientist.com*, July 19, 2002; see www.newscientist.com/article.ns?id=dn2572.

Chowdhury, Debashish, and Dietrich Stauffer, *Principles of Equilibrium Statistical Mechanics* (Hoboken, N.J.: Wiley, 2000).

Clausius, Robert, "Obituary notice," in *Proceedings of the Royal Society* (London: Harrison and Sons, 1891)

Clausius, Rudolf, *Über verschiedene für die Anwendung bequeme Formen der Hauptgleichungen der mechanischen Wärmetheorie*. *Annalen der Physik und Chemie*, 125: 353-400 (1865).

Cohen, Leon, "The History of Noise," *IEEE Signal Processing Magazine*, 22(6): 20–45, November 2005.

Cowther, J. G., "J. Willard Gibbs," *Britannica Concise Encyclopedia*; see concise.britannica.com/ebc/article-9365569.

Cropper, William H., *Great Physicists: The Life and Times of Leading Physicists from Galileo to Hawking* (New York: Oxford University Press, 2001).

Daub, Edward, "Rudolf Clausius," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Eddington, Arthur Stanley, *The Nature of the Physical World* (New York: Macmillan, 1928).

Ehrlich, Robert, *What If You Could Unscramble an Egg?* (New Brunswick, N.J.: Rutgers University Press, 1996).

Feynman, Richard, "Order and Entropy," in *Lectures on Physics* (Boston: Addison Wesley Longman, 1963).

Garber, Elizabeth, *The Language of Physics: The Calculus and the Development of Theoretical Physics in Europe, 1750–1914* (Boston: Birkhäuser, 1998).

Guillen, Michael, *Five Equations That Changed the World* (New York: Hyperion, 1995).

Hutchinson, John, "Equilibrium and the Second Law of Thermodynamics," Connexions Web site, March 30, 2005; see cnx.rice.edu/content/m12593/1.2/.

Kaku, Michio, *Hyperspace: A Scientific Odyssey Through Parallel Universes, Time Warps, and the 10th Dimension* (New York: Anchor, 1995).

Kim, Yung Sik, "Clausius's Endeavor to Generalize the Second Law of Thermodynamics, 1850–1865," *Archives Internationales d'Histoire des Science*, 33(111): 256–273, 1983.

Klyce, Brig, "The Second Law of Thermodynamics: Quick Guide to Cosmic Ancestry," in *Cosmic Ancestry*; see www.panspermia.org/seconlaw.htm.

Laidler, Keith, *Energy and the Unexpected* (New York: Oxford University Press, 2003).

Powell, Corey S., "Welcome to the Machine." *New York Times* Book Review, Section 7, p. 19, April 2, 2006.

Rajasekar, S., and N. Athavan, "Ludwig Edward Boltzmann," arXiv.org: see arxiv.org/PS_cache/physics/pdf/0609/0609047v1.pdf.

"Third Law of Thermodynamics," Everything2: see www.everything2.com/index.pl?node=third%20law%20of%20thermodynamics.

Wang, G. M., E. M. Sevick, Emil Mittag, Debra J. Searles, and Denis J. Evans, "Experimental Demonstration of Violations of the Second Law of Thermodynamics for Small Systems and Short Time Scales," *Physical Review Letters*, 89(5), 050601/1-4, July 2002: see link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.89.050601.

أفكار فلسفية و آراء للمناقشة:

• لا يعاب على (كلوزيس) ولا ينكر عليه ابتكاره لمفهوم (الانثالبية) وتوشيحه باسمه الذي صار يُعرف به، ولكنه لم يكن واضحاً ولا صريحاً، تمام الوضوح والصراحة لا في التعبير عنه ولا في الدفاع عن أهميته ولا في تنبؤ وإدراك مدى تأثيره على سير التفكير العلمي العالمي.

نعم، يعود الفضل إليه في صياغة المنظور التفاضلي البسيط والبيّن للمعادلة التي تحكم علاقة ربط (الانثالبية) بكمية الحرارية وبدرجتها، وقد نجح فعلا في صياغة نص ما سيعرف لاحقاً (بالقانون الثاني للديناميكا الحرارية)، والذي يتضمن حقيقة ضرورة (زيادة) كمية (انثالبية) أي نظام مغلق وإلى أكبر كمية ممكنة وحتى تبلغ مداها، إلا أنه تردد كثيراً وتوقف ملياً عند هذه النقطة ولم يجرؤ على التقدم بأفكاره أكثر...

كروبر

William H. Cropper، (Great Physicists)

مقتطف من كتابه: (فيزيائيون عظام).

• عليك أن تتذكر أن مفهوم (الحرارة) كان من بين أواخر المفاهيم التي تمكنت الفيزياء الكلاسيكية - وبمساعدة الفيزياء الكمية - أخيراً من توضيحها، شأنها بذلك شأن الذرة ومكوناتها. وفي خلال ذلك الكفاح وفي سبيل تلك المعاناة تجسد مخاض وولادة علوم الديناميكا الحرارية. وهناك اعتقاد سائد بين العلماء مفاده إمكانية إثبات صحة ونجاعة أي فكرة أو نظرية، هذا إذا استطاعت النجاح في اختبار مدرسة (الديناميكا الحرارية)!!

روثمن

Tony Rothman، (Instant Physics، From Aristotle to Einstein، and Beyond.

مقتطف من كتابه: (من ارسطوطاليس وحتى اينشتين وما بعد...).

• هل لديك أدنى شك في اعتبار تطابق مفهومي ومصدري؛ (الطبيعة والكون) و(قوانين الطبيعة وقوانين الكون).... فمن الناحية العملية بإمكاننا اعتبارهما وجهان لعملة واحدة. وإذا كان هذا الاستنتاج (سريعاً) بنظرك وغير (دقيق) ولا (علمي)، فقد أوافقك الرأي وأدعوك في نفس الوقت إلى التفكير الجدي بحقيقة استحالة وجود أكثر من شخص واحد من بين كل ألف شخص، له من الاهتمام العميق بهذه المسألة، كما له من الوقت وأساليب الدعم الكافية للشروع باختبار والتحقق من تطابق تينك المفهومين أو اختلافهما. وما على الـ(999) الباقين من الألف الذين اخترناهم إلا الرضوخ للاحتمال الأول والتسليم به، لسبب بسيط هو استحالة وجود من يدّعي من بينهم (معرفة) مصدر أي من الاحتمالين السابقين (الكون و/أو قوانينه)!!

أما العقلاء والحكماء من بقية سكان الأرض فما عليهم إلا إعداد عدتهم لاختيار أقرب النظريات احتمالية وأوثقها تعلقاً بالمنطق العلمي والاحتماء بظلّها، ليس إلا....!!

بيكت

Edmund Beckett Grimthorpe. (on the Origin of the Laws of Nature).

مقتطف من كتابه: (في سبيل البحث عن أصل قوانين الطبيعة).

• يتضمن العلم في جوهره مفهوم البحث عن، ومحاولة فهم الكيفية التي يُحكم بموجبها الكون وتتصرّف وفقها شؤون الطبيعة. وهناك بالحقيقة وتحت مظلة هذا المنظور علمان. يضطلع الأول باكتشاف الكيفية التي يمكن أن تُطبق بموجبها قوانين الكون وقواعده (فهي من ضمن عدته وأدواته التي يعرفها خير المعرفة). ويهتم العلم الثاني بمهمة محاولة اكتشاف تلك القوانين ذاتها. وهنا في ميدان هذا الشطر الثاني شهد العالم عموماً والفيزياء خصوصاً أعظم لحظات انتصاراتهما باكتشافهما العديد من القوانين والمبادئ التي ثبتت أرجل البشرية على الأرض وأطلقت عنان أفكارها وتقنياتها نحو المستقبل وذلك بفضل قوانين الديناميكا الحرارية، وميكانيكا الكم والنسبية وإماطة اللثام عن الشفرة الوراثية البشرية، فغيرت وجه العالم بحق.... ولا أخالني سأجد من يخالفني الرأي بأن المشكلة الحقيقية والعقبة الكأداء تقبع وراء كيفية اكتشاف المزيد من قوانين الكون التي ستمكننا من التقرب إليه.....

كونن

Steven Koonin. (What Are The Grand Questions in Science?). in Kuhn's (Closer to Truth).

مقتطف من مدخله المعنون (ما هي الأسئلة الكبرى في العلم؟) في كتاب كوهن، (أقرب إلى الحقيقة).

قانون اللزوجة لستوك

STOKES'S LAW OF VISCOSITY

أيرلنـــدا، 1851

تتناسب القوة المثبطة لحركة كرة في مائع[1] مع كثافته ومع طول نصف قطر تلك الكرة ومع سرعتها.

محاور ذوات علاقـة:

علاقـة ستوكـس واينشتـين (STOKES-EINSTEIN RELATION)، ومعـادلات نافييـه وستوكـس (NAVIER-STOKES EQUATIONS)، وكلـود نافييـه (CLUDE NAVIER)، وقانون ستوك للتألق (STOKES'S LAW OF FLUORESCENCE)، وسيمن بويسو (SIMEON POISSON)، وأدما باري دو سانت - فينان (ADHEMAR BARRE DE SAINT-VENANT).

من أحداث عام 1851:

- نشر الكاتب الروائي والمؤلف القصصـي الشهـير (هرمـن مرفيـل - Herman Melville) رائعته الخالدة (موبي دك - Moby Mick).

- أُنشئـت وبدأتْ العمل في هذا العـام عملاقتا الإعلام الأمريكي مجلة (النيويورك تايمز - The New York Times) ومؤسسة (رويترز Reuters) للأنبـاء.

- اكتشـف الفلكـي الإنكليـزي (وليـم لاسـل - William Lassell) قمري كوكب مجموعتنا الشمسية السابع (يورانوس - Uranus) واللذين عرفا باسمي (ارييل - Ariel)[2]

---

(1) المائـع (Fluid) - هـو الاسـم العلمي العام الذي يعني كلا حالتي المـادة عدا الحالة الصلبة، فهو يجمـع معنى حالتي السيولة (Liquid State) والغازية (Gasious Stete). المترجم.

(2) Ariel - ويعنـي المسمـى العبري المقابل لمعنى (أسد الإله) وهو من بين الأسمـاء الأكثر شيوعاً واستعمالاً في الولايات المتحدة وحصل على التسلسل رقم 531 كاسم للذكور وعلى التسلسل رقم 205 كاسم للاناث في إحصاء عام (2000). ومختصره في اللغة الإنكليزية الدارجة هو (آري - Ari) و (ارك - Arik).(المترجم).

و(امبرييل - Ambriel)[1].

- افتتح أول فرع لمؤسسة (MACY) في الولايات المتحدة الأمريكية.

- أنشأ المليونير الأمريكي (رولند هسي ميسي - Roland Hussey Macy) مؤسسة (ميسي - Macy) لأسواق البيع بالمفرد.

نص القانون وشرحه:

لنبدأ شرحنا بتصور كرة صلبة ما بنصف قطر مقداره (r) تتحرك بإزاحة معلومة مقدارها (v) في خلال سائل ما تبلغ مقدار لزوجته (μ). ينص (قانون ستوكس - STOKES) على أن مقدار قوة الاحتكاك (F) والتي ستقاوم حركة تلك الكرة المتحركة في هذا السائل ستبلغ رياضياً:

$$\boxed{F = 6\pi r \mu v}$$

ولا حاجة لنا للتأكيد هنا - بالطبع - على تناسب قوة الاحتكاك (F) طردياً مع مقدار طول نصف قطر الكرة المعنية (r).

ولإدراك مدى أهمية التأكيد السابق، علينا أن نتذكر بأنه لم يكن بديهيا ظاهراً لبحاثة وعلماء ذلك الزمان والذين كانوا يعتقدون بضرورة تناسب قوة الاحتكاك المعارضة والمثبطة لحركة كرة في أي سائل طردياً مع مساحة مقطعها وليس مع نصف قطرها الأمر الذي كان يستوجب صياغة التناسب (F) مع مربع نصف القطر (r^2) وليس مع نصف القطر فقط (r)، وفي ذلك اختلاف بين كما تعلم.

ومن المفيد هنا أن نذكر أن هناك مصطلحاً لطيفاً هو (نصف قطر ستوكس -

(1) Ambriel- ويطلق اسماً على الملاك الموكول إليه الشفاء وإعادة الحياة للموتى في القبور هو المسمى العام الذي يعني الملاك، وأصوله الدينية الإسلامية والمسيحية معروفة أما أصوله الوثنية فتعني اسم الملائكة الموكولون بالأبراج الفلكية الاثنى عشر. (المترجم).

The Stokes Radius) ويطلق على أنصاف أقطار (الكرات) التي تتصرف وتنتشر وتنتقل بنفس طريقة وسرعة (الجزيئات) وتبرز أهمية هذه الفرضية إذا أخذنا بنظر الاعتبار (الانضغاطات) النسبية والبسيطة التي تتعرض لها (الجزيئات) في حركتها في مختلف السوائل (كحركة كريات الدم الحمراء مثلاً في سائل الدم اللزج) والتي قد تؤدي إلى تشوه شكلها قليلاً ليزيغ عن شكل (الكرة) المثالية ذات نصف القطر الثابت وبهذا الاستدراك نكون قد احتطنا لتغيرات الشكل التي قد تطرأ على شكل الكرة خلال عمليات انتفاخها قليلاً أو انضغاطها في خلال مسارها، وعلى كل حال فإن **(قانون ستوكس)** هذا يكون أكثر دقة وأشد انضباطاً كلما صغرت أحجام الأجسام المتحركة في السوائل اللزجة وقلت سرعاتها.

وللجدول رقم (8) أدناه أهمية خاصة تساعدنا على إدراك قيم اللزوجة لبعض الموائع (Fluids) المألوفة والتي غالباً ما ينطبق عليها هذا القانون. ولتوضيح المصطلحات ومعاني الوحدات (Units) التي تستخدم لقياسات اللزوجة، دعني أقول بأن وحدة (الباسكال الواحدة -1 pascal) تساوي [(كيلوغراماً واحداً مقسوماً على المتر مضروباً بمربع الثانية – ($1Kg/(m.s^2)$]، هذا وأن مقدار لزوجة الماء ولأغراض الحسابات العملية تعتبر [(1mpa.s or 1g/(m.s)] علماً بأن درجة لزوجة الماء تعتمد حقيقةً وواقعاً على درجة حرارته، ففي درجة حرارة (293 درجة حرارية مطلقة) أي ما يعادل (20 درجة حرارة مئوية) تبلغ قيمة لزوجة الماء السائل (cP 1.002)، ووحدة (cP) تعني (السنتي بويس – Centi poise) وتساوي واحداً من ألف من الباسكال – ثانية [1millipascal Second (m Pa . s)].

ولهذا القانون أهمية تطبيقية وصناعية بالغة، وبالأخص حين دراسة سرعات ترسب بعض المواد المعلقة المراد فصلها عن السائل الذي يحويها، فغالبا ما يهتم العلماء والصناعيون بمعرفة مقدار المقاومة التي سوف يسلطها السائل الحاوي على المواد المعلقة فيه ليمنعها من الحركة نزولاً وفق الجاذبية ويؤخر فترة ترسبها إلى القعر.

جدول رقم (8):

مقدار لزوجة بعض الموائع المألوفة	
المائع ودرجة حرارتــه	لزوجته بوحدات (Pa.s)
الهواء (20C°)	10×1.8 (مرفوعة إلى القوة –5)
المــاء (20C°)	10×1.0 (مرفوعة إلى القوة –3)
الــدم (37C°)	10×4.0 (مرفوعة إلى القوة –3)
زيت الكتان (20C°)	10×1.0 (مرفوعة إلى القوة –2)
زيت المحركات (20C°)	1.0
مستحلب الذرة (20C°)	8.0
منصهر الحمم البركانية (Lava)	1000.0

دعنــا نتصور معــاً مشهداً علمياً يبين لنا مجمــوع القوى المؤثرة على جسيــم أُلقي في مائع بما فيهــا قوة الجاذبية، [ولعــل قرائي الأكبر سناً يتذكرون الإعلان التلفزيــوني الشائع في سبعينيات القــرن الماضي حول (غسول الشعر علامة اللؤلؤة – Pearl Shampoo (1970s)) والذي يظهر الممثل فيه وهو يلقي (لؤلؤة) داخل الإناء المليء به – وأعتقد أن الفكرة كانت ترمي من وراء ذلــك الإعلان التجاري بيان شدة كثافتــه وجودته، رغم شكي بوجود أي علاقة علمية حقيقية بين جودة أي نوع من أنواع الشامبو وتناسبها مع شدة لزوجته أو مع ملاءمته لطبيعة شعرك!.

وعلى أي حال فإن الجسم الملقى في مثل ذلك السائل (اللؤلؤة)، سوف يبدأ بالهبوط داخله (أي يترســب) مبتدئ بسرعة مقدارها (صفر) اعتبــاراً من نقطة الشروع وذلك بتأثير جاذبية الأرضــ عليها. ولكن سرعان ما ستولــد سرعة الجسيم المتحرك هبوطاً في السائل مقاومة من نــوع ما تضادد قوة التعجيل الأرضي عليها، وعليــه فسرعان ما سيبلغ الجسيم حالة التعجيل المساويــة للصفر عندما تعادلها قوة الاحتــكاك المعاكسة لها بالاتجاه والمساوية لهــا بالمقــدار. وفــي هــذه الحالـــة ســوف يستمر الجسيم بالهبــوط خلال السائـــل أي (يترسب) بمقــدار إزاحــة ثابتــة تسمى (بالإزاحة النهائية – Terminal Velocity).

وهنا نؤكد على كون مقدار الإزاحة التي يولدها الاحتكاك – وبغياب أي دوامات أو حركة في السائل المعني – تكون دائماً بعكس الإزاحة الاعتيادية المتسببة عن قوة الجاذبية. ويفترض

(قانون ستوكس – Stokes's law) هنا كون سطح الجسيم أملساً، وشكله كرويا منتظماً، ولا من أية تأثير عليه ولا بأي شكل من الأشكال من قبل الجسيمات التي تجاوره ولا من قبل جدران الإناء التي تحويه، وذلك لتحقيق الحالة المثالية التي ينطبق عليها هذا القانون تماماً.

ولقابلية ترسب المواد المختلفة (Sedimentation) وعلاقتها (بقانون ستوكس) هذا أهمية صناعية وتجارية وبيئية وحتى طبية بالغة آخذين بنظر الاعتبار رغباتنا في فصل العديد من المواد الصلبة من تيارات المواد المائعة (سواء كانت سوائل أم غازات). فتستعمل خصائص الترسب والترسيب مثلا في عمليات فصل الأدران والأوساخ عن المواد والخضار النافعة في الصناعات الغذائية، كما تستعمل لفصل بلورات المواد من السوائل التي تحتويها، ولفصل وترسيب دقائق الغبار من تيارات الهواء المراد تنقيتها (لأغراض التكييف النقي في قاعات الجلوس أو لصالات العمليات بعد تعقيمها)، وتستعمل أيضاً في عمليات ترسيب الأدران عن مياه الأمطار الهاطلة على شوارع وبنايات المدن المزدحمة ولفصل وترسيب مختلف مكونات مياه الصرف الصحي لغرض إعادة تدويرها لاستخدامات الري والزراعة. كما يعتبر هذا القانون ذا أهمية خاصة في تحديد طبيعة وسمات سُحب الدخان المنطلقة من البراكين الثائرة وتحديد مكوناتها وذلك بدراسة سرع ترسبها. هذا ويستعمل القانون أيضاً لدراسة سرع ترسب المواد المختلفة والمتخلفة في مجاري الأنهار كما يعتمد عليه البحث الطبي في الشركات المصنعة والمنتجة للأدوية لدراسة الخواص الحركية الغازية Aerodynamics لجزيئات (المواد المتسامية – Aerosol) وذلك لاختيار أحجامها المجهرية المناسبة التي تساعد على سرعة تغلغلها ما بين قصيبات الرئة الدقيقة وحويصلاتها.

ينطبق (قانون ستوكس) كذلك على قطيرات المطر صغيرة الحجم التي تهطل على سطح الأرض بغياب دوامات الهواء التي تسببها الرياح. ففي حالتي (قطيرة المطر) و (اللؤلؤة الهابطة خلال قنينة الشامبو) سيتساوى مفهومنا لمقدار إزاحتيهما النهائية (Terminal Velocity). ولا ينطبق هذا القانون بالدقة المطلوبة عند تطبيقه على تفسير أسلوب هبوط المظليين ومغامري الجو عند رمي أنفسهم من الطائرات وذلك بسبب التيارات الهوائية التي

تصادفهم أثناء هبوطهم ولدى نزولهم بسلام على الأرض. (والحقيقة هم يستفيدون منها في إبطاء تعجيل أجسامهم نحو الأرض لقضاء أطول فترة ممكنة سابحين في الأجواء ممتعين أنفسهم ومشاهديهم بأعمالهم البهلوانية تلك).

ولإدراك المغزى العملي من وراء (قانون ستوك) هذا، دعنا نجد الجواب لمسألة بهذا الخصوص: لنفترض سقوط قطرة من ماء المطر نصف قطرها (0.2 مليمتر) تهبط خلال الهواء الذي تبلغ مقدار لزوجته (μ) وتساوي ($1.8x10^{-5} N.s/m^2$).

جد مقدار الإزاحة النهائية التي ستهبط بها تلك القطيرة إلى الأرض.

الحل: ينص (قانون ستوك) وكما سبق على ما يلي

$$\boxed{F_{\uparrow} = 6\pi r \mu v}$$

وهذا يعني تساوي قوة جاذبية الأرض (نحو الأسفل) عليها مع قوى (قانون ستوك) والتي تعمل على رفعها نحو الأعلى.

وبما إن قوة الجاذبية وحسب قانون نيوتن الثاني هي ($F_{\downarrow} = m\, g$)، حيث ($F_{\downarrow}$) هي قوة الجاذبية، و(m) هي كتلة قطيرة المطر، و(g) هو مقدار التعجيل الأرضي والذي يساوي: [$g=9.8/s^2$]

وبما أن ($F_{\uparrow}$) هو مقدار مقاومة الهواء للقطيرة الهابطة (وهي ذات قوة احتكاكها به واتجاهها إلى الأعلى، عند بلوغ القطيرة سرعتها النهائية (وهي ما أسميناها بالإزاحة النهائية) مقداراً ثابتاً،

ففي هذه الحالة ستتساوى قوتي الاحتكاك حسب (قانون ستوكس) صعوداً مع مقدار جاذبية الأرض حسب قانون نيوتن هبوطاً.

أي إن ($F_{\uparrow}$) = ($F_{\downarrow}$)

وعند تعويض كل من ($F_{\uparrow}$)، ($F_{\downarrow}$)..بما تساويه، نحصل على:

$$\boxed{6\pi r \mu v = mg}$$

وبحل المعادلة لصالح سرعة إزاحة القطيرة (v)، سنحصل على:

$$v = \frac{mg}{6\pi r\mu}$$

وباعتبار اكتساب القطيرة لحجم كروي مقداره ($4\pi r^3/3$) وكون كثافتها (ρ) (بحساب كثافـة المـاء الاعتيادية) وهـي ($1000kg/m^3$) أي ألـف كيلو غرام للمـتر المكعب الواحد فسيمكن تقدير كتلتها البالغة (m) كالتالي وبالتعويض....

$$v = \frac{(4\rho\pi r^3/3)g}{6\pi r\mu} = \frac{2\rho g r^2}{9\mu}$$

وبترتيب وحل كافة المعطيات السابقة سنحصل على:

$$v = \frac{2\cdot(1000\,kg/m^3)(9.8\,m/s^2)(0.00002\,m)^2}{9\times 1.8\times 10^{-5}\,N\cdot s/m^2} = 4.8\,m/s.$$

أي أن سرعة هبوط قطيرة ماء المطر النهائية نحو الأرض ستبلغ 4.8 متراً في الثانية الواحدة.

ومن الملاحظ من مسألتنا السابقة، أن هذه السرعة النهائية لقطيرة المطر الساقطة ستقل بزيادة لزوجة الهواء (أي مقاومته لها)، على حين أنها ستزداد بازدياد نصف قطرها (أي بكبر حجمها وكتلتها).

والآن دعنـا نحاول حل مسألة عملية أخـرى تتضمن هبوط كرة بلاستيكية صغيرة خلال أسطوانـة من (الشامبو)، فـإذا افترضنا أن كثافة كرتنا هي (ρ_p) وبنصـف قطر مقداره (r)، ومقدار إزاحتها إلى الأسفل (v)، وكانت كثافة (الشامبو) هي (ρ_s) فما هو مقدار لزوجته؟

والآن ولغرض حل هذه المسألة علينا أن نتذكر أن قوى الإزاحة (Velocity) الثابتة لتلك الكرة لابـد وأن تتعادل بحيث تتساوى قوة الطفو (B) وقوة (قانون ستوكس) المؤثرتان إلى أعلى مع وزنها (W) الذي يجرها إلى الأسفل هكذا:

$$B + 6\pi r\mu v - W = 0$$

والآن يمكننا حساب قوة الطفو (B) إلى الأعلى بمعرفتنا أن [$B=(4\pi r^3/3)\,\rho_p g$]، وبما إن اللزوجة (μ) حسب القانون السابق ستساوي

$$\mu = \frac{W - B}{6\pi r v}.$$

سيمكننا حساب قيمة لزوجة الشامبو (μ) المطلوبة.

وعليك أن تنتبه إلى أننا عند تحليلنا للقوى المتعلقة بقطرة المطر الساقطة ووضعنا لمعادلة إيجاد مقدار إزاحتها النهائية، كنا قد أخذنا مقدار كثافة الماء فقط بنظر الاعتبار وأهملنا مقدار كثافة الهواء – وهي التي تشكل قوة أخرى – وذلك بالنظر لصغر كميتها وإمكانية إهمالها، ولكن تعود أهمية حساب كثافة الوسط الذي يحتوي الجسم الساقط خلاله إلى الاعتبار في حالة اختيار مثال (الشامبو) والكرة البلاستيكية بالنظر لكون كثافته عالية، وعليه فإن معادلة إيجاد مقدار الإزاحة الثابتة لجسيم يمكن كتابتها بشكل أكثر شمولية كالآتي:

$$v = \frac{2(\rho_p - \rho_s)gr^2}{9\mu}.$$

ولتحديد مدى دقة هذا القانون لابد وأن نتطرق إلى مصطلح جديد هو (عدد رينولدز – Reynolds Number)[1] والذي يكون قانوننا أدق ما يمكن عندما تبلغ قيمته أقل من (0.3).

وتبلغ قيمة هذا الرقم رياضياً:

$$(dv\rho/\mu)$$

عندما يمثل (d) – مقدار قطر الجسيم المعني و (v) – مقدار إزاحته و (ρ) – كثافة المائع الذي يحيط به و (μ) – مقدار لزوجته

لا ينطبق (قانون ستوكس) على قطيرات المطر بالدقة المطلوبة قدر انطباقه على الجسيمات المائية الساقطة والأقل قُطراً عنها بكثير والتي تسمى (بقطيرات الغيوم – Cloud Droplets) والتي تتراوح أقطارها ما بين (0.01–0.02 مليمتر) وهي كحبات المطر تماماً تتكون من تكاثف بخار الماء الذي يكوّن الغيوم ويعتبر شكلا من أشكال الغيوم المرئية فعلاً والممكن الإحساس بها حين تكوّن الضباب. وعليه يمكننا اعتبار (قانون ستوكس)

(1) Reynolds Number – هو عدد لا وحدة له ولا اتجاه، يستعمل في علم ميكانيكا الموائع للإشارة إلى ومعرفة قيمة حاصل قسمة (قوى الاستمرارية – Inertial Forces) ويرمز لها (dvρ) على (قوى اللزوجة Viscous Forces) ويرمز لها (μ) أول من تقدم بهذا المصطلح هو (جورج كابريل ستوكس – George Gabriel Stokes) في عام (1851) ولكنه اكتسب اسمه من اسم [اوزبورن راينولدز Osborne Reynolds (1842–1912)]، لأن الفضل في انتشاره وتعميمه يعود له. (المترجم).

أكثر شغفاً بالضباب منه بالمطر لانطباقه بصورة أدق على الأول دون الثاني.

وبالإضافة إلى أهمية القانون في أمور (الترسب والترسيب) فإن له تطبيقات أخرى في حالات التسامي وصناعة (المبخرات – Aerosols) وهي عبارة عن المعلقات الغازية لجسيمات بعض المواد الصلبة أو السائلة.

وفي أواخر تسعينيات (1990s) القرن الماضي كان القانون قد استخدم لتوفير الدليل العلمي الدقيق والمقنع بأن جزيئات اليورانيوم المنضب (المايكرومتريه القياس) كان لها قابلية البقاء معلقة في الهواء لساعات طوال ومقدرتها على قطع مسافات بعيدة وعليه فإنها كانت قد أصابت ولوثت الجنود الأمريكان في أثناء عملياتهم الحربية خلال حرب الخليج الثانية. ويعود سبب ذلك إلى خاصية الكثافة العالية والصلابة المتناهية لقنابل اليورانيوم المنضب والتي لها قابلية الاحتراق ذاتياً، والتي لابد وأن تكون المسؤولة عن تحويله إلى جزيئات (مُبخرة – Aerosolized) محمولة جواً بعد اصطدام قنابلها بالأجسام الصلبة كهياكل الدبابات بعد إطلاقها من قبل المدفعية الأرضية والقذائف الجوية.

لقد تم إدخال بعض التصحيحات على (قانون ستوكس) خلال عشرينيات (1920s) القرن الماضي وذلك للأخذ بالحسبان التأثيرات التي قد يمكن تواجدها بفعل جدران الصهاريج التي تحتوي على سوائل لزجة (كخزانات وصهاريج البترول الثابتة او العائمة).

تميل تلك الجدر إلى إحداث ما يؤدي إلى بُطء في عملية مراقبة اللزوجة وذلك بسبب احتواء الوسط على جزيئات (مضغوطة) على الجدران والقعر الأمر الذي يؤدي إلى تشوه أشكالها الكروية، الأمر الذي ينعكس على عدم تجانس محتوياتها، وقد يؤثر ذلك سلبا على عمليات تكريرها أو التعّرف على نوعيتها عند بيعها. ولذلك فقد استوجب على علماء الكيمياء الصناعية والبترولية والباحثين المهتمين بتلك الحقيقة إيجاد علاقة النسبة بين أنصاف أقطار الجسيمات المعنية وبين أنصاف أقطار صهاريجها إن كانت أسطوانية الشكل. وعليه فقد أدركوا أن مفعول وأهمية تعديلهم (لقانون ستوكس) ستزداد كلما قل نصف قطر الصهريج وازداد ارتفاعه لأن ذلك سيؤدي إلى انحراف أشكال الجزيئات والجسيمات عن الشكل الكروي وتشوهها،

وذلك بفعل وزن عمود السائل (الثقيل) وتأثيره على تحوير أشكال جزيئاته القريبة من القعر.

وفيما يلي تعديل معدل اللزوجة (μ_c) لما يمكن أن يظهر عليه (قانون ستوكس) إذا ما أخذنا بنظر الاعتبار إضافة عامل التصحيح اللازم لمقدار اللزوجة الأصلية (μ) والذي سيعتمد على مقدار قطر الجسيمات (d) الموجودة داخل صهريج بقطر داخلي يبلغ (dc) وبشكل أسطواني:

$$\mu_c = \mu\left[1 - 2.104\frac{d}{d_c} + 2.09\left(\frac{d}{d_c}\right)^3 - 0.95\left(\frac{d}{d_c}\right)^5\right]$$

تمكن اينشتين في عام (1905) من التوصل إلى علاقة اكتشفها تربط ما بين حركية جسيم ما في مائع و [ثابت الانتشار - Diffusion Constand (D)] و[ثابت بولتزمن - Boltzmann Constant (K)] ودرجة الحرارة المطلقة (K - كالفن).

هذا وتعرّف (الحركية - Mobility) بأنها نسبة الإزاحة النهائية لجسيم ما إلى مقدار القوة المسلطة عليه). ولقد كان (اينشتين) -حين توصل إلى اكتشافه هذا - يحاول بحث ودراسة خواص (الحركة البراونية - Brownian Motion) وهي الحركة العشوائية للجسيمات الدقيقة المغمورة في مائع. وفي مزاوجة ما توصل إليه اينشتين مع (قانون ستوكس) نتج لدينا ما يسمى (بعلاقة ستوكس واينشتين - The Stokes's - Einstein Relation)... وهي:

$$D = \frac{kT}{6\pi\mu r}$$

والمقصود بـ (D) هنا هو معامل أو ثابت الانتشار (Diffusion Constant or Coefficient) وهو صاحب الدلالة على مقدار كمية المادة المنتشرة أو النافذة عبر وحدة المساحة في ظروف وحدة منسوب التركيز خلال وحدة الزمن. وعليه فبالإمكان استخدام هذه العلاقة لتعين معامل الانتشار لأي جسيم تحت الدراسة. كما يمكننا أن نعتبر هذه المعادلة أسلوباً مناسباً للتعبير عن العلاقة ما بين معامل الانتشار لأي جسيم كروي صغير عشوائي الحركة في سائل لزج مقارنة بقوة الجاذبية التي تسحبه إلى الأسفل.

للفضوليين فقط:

• لقد حبا الله (ستوكس) قريحةً أدبية رائعة استغلها (أبشع) استغلال في كتابة الرسائل المطولة

والخطابات المنمقة التي كان يرسلها إلى خطيبته والتي كان لا يتغزل بها فيها، وإنما كان يصب ولعه وهيامه وحبه في أشعار ونثر رائع في مدح (الرياضيات) ومفاتنها وأفضالها. ضاقت تلك المسكينة ذرعاً بذاك الأسلوب (الشاذ) وكانت على قاب قوسين أو أدنى من رفضه نهائياً كزوج لها.

• يعتمد (علماء الحفريات - Paleontologists)(1) على (قانون ستوكس) للتفريق التفاضلي ما بين الأنواع المختلفة من الأحافير المجهرية (وهي بقايا الأحياء المجهرية من (مكيسات - Spores) وغيرها والتي حفظت لنا بعد تحجرها.

• كان أول من صاغ مصطلح (التلألؤ - Fluorescence) وذلك بعد اكتشاف خامات (الفلوريت - Fluorite) والتي كان لها مثل ذلك التلألؤ الملون الجميل.

• اخترع [جون فرانسس كامبل (1822- 1885) John Francis Campbell] و[جورج ستوكس (1819-1903) Geotg Stokes] الجهاز المعروف باسم (مسجل ستوكس وكامبل) وهو عبارة عن جهاز يستخدم لتسجيل مقدار الأشعة الشمسية الساقطة على بقعة محددة من الأرض. يحتوي هذا الجهاز - والذي لا يزال مستعملاً حتى اليوم - على عدسة زجاجية كروية الشكل تستعمل (لحرق) صورة للشمس مرسومة على قطعة كرتون معدة مسبقاً، وذلك بتركيز أشعتها عليها.

• قام العلماء والباحثون المهتمون في دراسة فيزياء اللزوجة وخواصها والتابعون إلى جامعة (مينيسوتا - Minnesota) الأمريكية في عام (2004) بملء أحد أحواض السباحة بمادة جيلاتينية هلامية واستنتجت دراساتهم بأن سباحيهم كانوا يجيدون السباحة فيها بنفس درجة كفاءة سباحتهم وسرعاتهم في الأحواض المملوءة بالماء.

أقوال مأثورة:

- لقد كان ستوكس رجلاً مؤمناً بحق، اهتم كثيراً بعلاقة الدين بالعلم، الأمر الذي اكتسب

(1) Palyntology - وهو دراسة الأحياء التي سبق وأن وجدت ما قبل التاريخ وذلك بالبحث عن، وتفحص أحافيرها ومراقبة تطورها عبر انطباع أشكالها على الصخر بفعل العوامل الجوية والبيئية المختلفة عبر حقب تاريخية طويلة (المترجم).

أهميةً استثنائية في سني حياته الأخيرة.

باركنسن

E.M. Parkinson، (George Stokes).

كما جاء في (معجم سير العلماء الذاتية).

– لم يكن (ستوك) هو الذي ابتكر نظرية الحساب التفاضلي المتجه (The Theory of Vector Calculus)[1]، ولكنها في الحقيقة كانت قد أرسلت إليه من قبل (اللورد كلفن) وذلك في إحدى رسائله إليه. يعود سبب نسبتها إليه وتسميتها باسمه إلى حقيقة أنه كان قد نشرها كمسألة في أحد امتحانات الفوز بجائزة سمث (Smith's Prizc)[2] بعد ذلك بعدة سنوات.

وود

Alastair Wood، (George Gabriel Stokes (1819-1903).

مقتطف من ملخصه لسيرة حياة (ستوكس).

– ما يعرف (بتأثير بارنك – Baring Infection) هو بالحقيقية ما يحدث من بقاء بقايا خلايا الخميرة وغيرها من المواد المجهرية غير الحية [(Non – Microbiological Particles (NMP)] المستخدمة في تخمير وصناعة الجعة ملتصقة مع بعض المواد الدقيقة والمجهرية اللاحيوية الأخرى، كل ما تقوم به مواد الجودة والتحسين المضافة هو عملها على تعجيل التصاق تلك الجسيمات المجهرية

(1) نظرية حساب التفاضل والتكامل الاتجاهي: وهي النظرية المهتمة بجزء الحساب المتخصص بعمليات التفاضل والتكامل للحقول والقيم الاتجاهية – أي الحاوية على مقدار واتجاه – ضمن الفراغ الإقليدي ثلاثي الأبعاد.
وقد يستعمل هذا المصطلح للدلالة على معان رياضية أوسع تشمل حساب (التفاضل والتكامل متعدد المجاهيل) والذي يضم المصطلح السابق إضافة إلى دلالته على (حساب التفاضل والتكامل الجزئي – الحاوي على ثابت ومتغير) و (التكامل المتعدد – الحاوي على عدة متغيرات في آن واحد).
يهتم هذا النوع من الحساب أيضاً ويلعب دوراً رائداً في مجالات (الهندسة التفاضلية – كدراسة الأسطح والمنحنيات) وفي دراسة (معدلات التفاضل الجزئي – كحالات انتشار الصوت والضوء والتي تستوجب وجود العديد من المجاهيل) كما يستعمل في مجالات الفيزياء والهندسة وبالأخص بمجالات توصيف الحقول الكهرومغناطيسية) و (حقول الجاذبية الأرضية) ومجالات (جريان الموائع). (المترجم).

(2) Smith Prize – وهو اسم الجائزة الذي يطلق على جائزتين ماليتين مخصصتين سنويا لأفضل طالبين في بحوث الفيزياء النظرية والرياضيات والرياضيات التطبيقية من (جامعة كمبردج) في بريطانيا. أوصى بإنشائها (روبرت سمث – Robert Smith) من ريع أسهم (شركة البحار الجنوبية) والتي بلغت قيمتها (3500 جنيها استرلينيا) ومنذ عام (1768) وبقيمة جنيهات تلك السنة. استمر منح هذه الجائزة منذ عام (1769) وحتى عام (1998) بدون انقطاع ما عدا التوقف الذي حدث في عام (1917) بسبب الحرب العالمية الأولى. (المترجم).

بعضها ببعض الأمر الذي يعجل بترسبها إلى قاع براميل التخمير حسب (قانون ستوكس).

وبالنظـر لنصـ القانون على تناسـب سرعة ترسب الجسيمـات المجهرية طرديا مـع مربع أنصاف أقطارهـا، فـإن أي زيـادة ضئيلة في أحجام تلك الجزيئـات سوف يؤدي إلى اختزالات بينة في الوقـت اللازم لترسبها، وفي ذلك أهمية صناعية بالغة لتسريع الإنتاج.

وارد

Ian L. Ward، (Clear Beer Through Finings Technology).

مقتطفة من كتابه - الطرق التقنية لتنقية الجعة.

- لقـد ساعد (قانون ستوك) كثـيراً في تفسير كيفية تمكن جزيئـات (اليورانيوم المنضب) ضئيلـة الأبعـاد والأحجام مـن الانتقال إلى مسافـات شاسعة محمولة بواسطـة الرياح، فلقد أكـدت الدراسات العسكرية المجراة بهذا الخصوصـ على تمكن تلك الجزيئات من الانتقال إلى مسافـات قد تكون بلغت مـا يتجاوز (الـ 26 ميلاً – أي 42 كيلومتراً) من مناطق تولدها – وهـي أجسام الدبابات المقصوفـة بها – الأمر الذي يؤكد تعرض القوات الحليفة لتأثيراتها السلبية كـ (نيران حليفة – كامنة) – بلاشك.

دايتز

Leonard A. Deitz، (Contamination of Persian Gulf War
Veterans and Others by Depleted Uranuim، July 19، 1996.

مقتبسة من مقالته (تلوث قوات حرب الخليج والآخرون ببقايا قذائف اليورانيوم المنضب).

- لقد امتازت أغلب أعمال (ستوكس) إن لم نقل جميعها بالقطعية وبمنتهى الدقة والرشاقة، ولقـد كان (وحتى خلال محاولته حل المسائل والمعضـلات والتي كثيرا ما كانت تظهر لغيره عصية على المنطق العلمي وغير خاضعة للأسلوب الرياضي) دائم التمسك بالطرق المفهومة وشديد الاعتماد على المبادئ المعلومة، حتى لم يكن هناك مجال لأي شك بصحة ما يقدمه من حلول وما يخطه من طرق.

يعـود التزامـه ذاك بمنهجيته تلك – ولاشـك – إلى الملكة الخارقـة، وإلى الإمكانية الهائلة

التـــي حباه الله بها للمزج ما بين كياسة الأسلوب الرياضي المرن وقوته وما بين حنكة القابلية التجريبية والبحثية ومهارتها.

1911، Encyclopaedia Britanica

مدخله عن الموسوعة البريطانية.

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

اشتهـر الفيزيائـي الأنكلـو - أيرلندي العريـق [جـورج ستوكـس - Georg Stokes 1819–1903] بإبداعه لقانونه في الاحتكاك ولأعماله الكثيرة المهمة في حقول الكيمياء والفيزياء والرياضيات.

ولـد (ستوكـس) في بيت متدين في مدينـة (سكريـن - Skreen) الايرلندية وقد تغلغل فيه ذلك الشعور منذ الصغر حيث كان والده قساً في المقاطعة التي تضم مدينته وكان قد سهر على تعليمه قواعد اللغة اللاتينية منذ الصغر. وقد كانت أمه مشرفة على شؤون الكنيسة أيضاً، أنجبت للعائلة أربعة أولاد اختط الجميع طريقهم كرجال دين وقادة كنائس في أيرلندا. تقدم (ستوكس) الشـاب إلى (كلية برسـتول - Bristol College) فـي تلك المدينـة لما بلـغ من العمر (16 عامـاً) وكـان قـد أنهى دراستـه الابتدائيـة والأولية فـي مدينته (دبلن - Dublin). لقد أورد الفيزيائـي النظـري والرياضـي [جوزف لارمـور (1857–1942) Joseph Larmor] فـي كتابه القيّم - ذكريات وبقايـا رسائل السر جورج كابرييل ستوكس - ملامح وبوادر تفتق العبقرية الرياضية (لستوكس) كما ذكرها أستاذه في الرياضيات لما كان لا يزال شاباً يافعاً يدرس في كلية (برستول) بقولـه:

((لقد التزم سـتوكس اليافع بالإجابة الصريحة الواضـحة المقتضبة بنعم أو بلا على كافة الأسئلة الموجهة إليه.... وبضمنها تلك التي كانت تستوجب إسهاباً أكثر وتوضيحا أعم وكان بذلك قد انتقل من تبنيه للمدرسة الأيرلندية في صغره إلى المدرسة الإنكليزية وذلك كرد فعل انصياعي طبيعي لما كان إخوته قد حذروه منه من قبل؛ بأن الطلاب البريطانيين لا يميلون بطبيعتهم إلى الأجوبة المطولة المسهبة كما هو الحال، وما كان قد اعتاد عليه الطلبة

الأيرلنديون ولذلك فإنه سيكون ولا شك موضعاً لسخرية زملائه التلاميذ الإنكليز ومحلاً لاستهزاءاتهم إن هو أسهب الشرح وأطال الوصف، فكف وامتنع عن ذلك)).

قُبل (ستوكس) في عام (1837) في (كلية بمبروك – College Pembroke) في كمبردج، واستطاع نشر العديد من البحوث والأوراق العلمية القيمة التي ناقشت أساليب تصرف الموائع غير القابلة للانضغاط، فقد تمكن في عام (1842) من نشر بحثه الموسوم (حول الحركة المنتظمة للموائع غير القابلة للانضغاط)، والذي سرعان ما أردفه ببحثه التالي بعد ثلاث سنوات والذي كان بعنوان (حول نظريات الاحتكاك الداخلي للموائع المتحركة). وقد تمكن أخيراً من تتويج أعماله في عام (1849) عندما نشر بحثه الرصين الموسوم (حول تغيير مقادير جاذبية الأرض على سطحها) والذي أوضح فيه وأسهب في شرح طرق استخدام البندول ودراسات حركته في الموائع المختلفة، وفي استنتاج الاختلافات البينة في تفاوت مناسيب جاذبية الأرض في أماكنها المختلفة.

وتمكن في عام (1849) من تسنم كرسي الأستاذ(لوكازيان Lucasian)[1] في جامعة كمبردج – ذلك الموقع الشرفي الرفيع الذي كان قد اعتلاه من قبله فطاحل وعظماء من أمثال [السر اسحاق نيوتن (1727-1642 Isaac Newton)] والذي يشغله في الوقت الحاضر الفيزيائي الفلكي المعروف والكاتب العلمي المشهور [ستيفن هاوكنج (Stephen Hawking (born 1942)]. وأخيراً تمكن في عام (1851) من نشر بحثه الذي توصل فيه إلى الوصف الرياضي الدقيق لمقادير إزاحة الجسيمات الكروية الصغيرة المتحركة خلال السوائل اللزجة والذي مكن قانونه المشهور والمعروف (بقانون ستوكس – Stokes's Law) موضوع بحثنا هذا من الظهور.

وفي عام (1857) تزوج من الآنسة (ماري سوزانا – Mary Sussana) والتي كانت ابنة عالم الفلك الأيرلندي والفيزيائي الشهير [توماس رومني روبنسن – Thomas Romney Robinson

(1) Lucasian Chair– وهو منصب الأستاذية في الرياضيات، العالي الشأن في جامعة كمبردج، ويعتبر من أسمى المناصب الأكاديمية في العالم. أسسه في عام (1663) (هنري لوكاس – Henry Lucas) والذي كان أحد أعضاء البرلمان البريطاني. أقر الملك شارل II الثاني هذا المنصب رسمياً في شهر كانون ثاني (1664). يتربع عليه اليوم الفيزيائي النظري (ميشيل كرين – Michal Green) خلفاً لستيفن هاوكنج – Stephen Hawking) والذي تقاعد في شهر أيلول الماضي (2009).(المترجم).

1792-1882]. وهنـاك قصـة طويلة حول كيفية نجاح (ستوكس) في غـزو قلب (ماري) وتمكنه أخـيراً مـن الفوز بـه. فيحكى أنه كان يسهـر الليالي ليخط لهـا رسائله الغزلية المطولـة والتي قد امتد بعضها ليبلغ (55) صفحة، وتراوحت تلك الرسائل والغراميات ما بين حبه لفتاته وشغفه بها وافتتانه بالرياضيـات وولعه فيها، فهو كان قد ذكر لهـا في إحدى رسائله تساؤله عن كيفية استطاعة أي امرأة أن تتزوج وأن تعيش بسعادة مع رجل استهوته وسيطرت عليه فكرة الرياضيات، ويدفعه هوسه بها إلى السهـر متأخراً لحل كل ما لديه مـن مسائلها ليلاً؟!. لقد ذكر (لارمور - Larmor) في كتابه (حول ذكريات ومذكرات ستوكس) فحوى بعض تلك الرسائل وكيف كان (ستوكس) كثيراً ما يخلط ما بين حبه للرياضيات وولعه بخطيبته وما بين غرامه بهذه وهيامه بتلك حتى كتب لها يوماً يقـول:

((أكاد أغـرق ومـن غيرك يسـتطيع انتشـالي؟ أعترف بـأني كثير التفكـير... ولكنني صرت أفكر أكثر وأكثر من المعتاد حتى تشـتت أفكاري وانشـغل ذهني. يكاد رأسـي ينفجـر من كثرة مـا به من (المتواليـات المتباعـدة - Diverging Series)[1] وبما شـغله من (فراغات سلسـلة الثوابت العشـوائية - The Discontinuity of Arbitrary Constants) أين أنت ياحبيبتي، أكاد أقسم أن لا أحد سيستطيع إسداء جميل إنقاذي لنفسي من كثرة أفكاري تلك إلاكِ...)).

لقـد جعلت مراسلاته منه في نظرهـا رجلاً غريباً، بل وحتى إنسانـاً مخيفاً، فمالها ومال - المتواليـات والثوابت - وهـي امرأة لا يملأ قلبهـا إلا الحب، فصارحته بغضبهـا منه وترددها الشديـد بـل واحتمال رفضها للزواج منه. أعاد لها جواب تساؤلهـا ولهاً وشوقاً إليها، وحبا وهيامـاً بغرامها وبيّن لهـا استحالة تصور حالته وهـو عبارة عن (آلة مفكـرة) تقاد إلى قبرها وتدفـن فيـه دون أن يكون له حظ في هذه الدنيا لا من حبها، ولا من الفرح الذي تنثره حولها

---

(1) وهـي إحدى أنواع المتواليـات العدديـة (Mathematical Series) والتي لا حدود لتابع حاصـل جمع بعض عناصرها فهـي باتساع دائم. وهي عكس المتوالية محدودة النهاية والتي لابد أن تقـترب من الصفر. وتعتبر المتوالية المتجانسة (Harmonic Series) من أبسط أمثلتها وهي:

1 - المتوالية المنفرجة اللانهائية [$\frac{1}{2}$ ، $\frac{1}{3}$ ، $\frac{1}{4}$ ، $\frac{1}{5}$ ، 1 ، $\frac{1}{n}$ $\sum_{n}^{\infty}$] في الرياضيات

2 - طول الموجة الصوتية المركب على موجة الوتر الأصلية بمقدار، $1/2$، $1/3$، $1/4$ موجة في الموسيقى... إلخ. (المترجم).

أينمـا ذهبـت، ولا مـن دفء سعادتها الذي تستطيـع أن تلفه به حباً صافيـاً رقراقاً يدفع الدم الدافـئ في صمامات قلبه الذي أوشكـت الرياضيات أن تحيله إلى معدن بـارد. وأخيراً تمكنا من وضع خلافاتهما الفكرية جانباً وتم مشروع زواجهما بنجاح وسكنا في كوخ صغير يطل على حديقة غناء، تشرف على غابة خضراء جميلة. وفي ذلك تمكن (ستوكس) من اتخاذ الممر الضيق الواقع خلف مخزن الأخشاب والأطعمة (مختبراً) لأبحاثه وكان لا يحتوي إلا على آلات بسيطة وأدوات متواضعة محليـة الصنع. أثمر ذلك الزواج وتوجت تلك الحياة بإنجاب زوجة ستوكـس منه عدة أولاد، توفيـت أول بنتين له في فترة طفولتهما وتـوفي أحد أولاده في عام (1893) من جراء جرعة زائدة من المورفين كان قد تعاطاها خلال تدريبه ليصبح طبيباً بشرياً.

تسنم (عالمنا الجليل) العديد من المناصب ونال الكثير من الرتب العلمية، كان أهمها تسنمه لمنصب رئاسة الجمعية الفلسفية في جامعة كمبردج للفترة (1859-1861) وترأسه للجمعية الملكية في عام (1885) قبـل ذلـك كذلك. كما منحته الجمعيـة العلمية (ميدالية كوبلـي – Coply Medal)[1] وذلـك في عـام (1893)، أمـا في خـلال الفـترة (1886-1903) فقـد انتخب رئيسـاً (للمعهد الفكتـوري) في لندن والذي كان قد أنيطت به مهمة دراسـة وتمحيص وتأكيد العلاقات – بمختلف أنواعهـا ومجالاتها – ما بين العلـم والدين، وقد تم منحه لقب (الفارس – Knighted) أيضاً وذلك في عـام (1899). لقد كتب (اي. ام. باركنسـن –E. M. Parkinson) في (معجم سير العلماء الذاتية) نبذة بديعة عن أعمال (ستوكس) وأفكاره وأسلوب بحثه جـاء فيهـا:

((لقد كادت أفكار سـتوكس ومسـاهماته وأعماله واختباراته وما حققه تغطي كامل مسـاحة العلوم الفيزيائيـة والفلسـفية المعروفة آنئذ، فقـد قام بالبحث والاستقصـاء المنهجيين لحقول (حركية السائل – Hydrodynemics) ومطاوعة المواد الصلبة وتصرف الموجات وحيود الضوء. لقد تمكن (ستوكس) من جعل كافة المواد والمواضيع التـي ركز عليهـا ووهبها الكثير من جهده ووقته في متنـاول جميع زملائه من العلماء

(1) Coply Medal – انظر صفحة (394). (المترجم)

والباحثين، ويعود الفضل في تحقيقه لذلك الإنجاز لسببين؛ أولهما كان حرصه الشديد على اختيار المسائل والأمور العملية التي كانت تهم الجميع، وثانيهما وضع حلوله الخاصة المقترحة لها بأسلوب سلس شديد الوضوح وباستعمال الأدوات الرياضية بطريقة تجعلها في متناول الجميع. أما غوصه في أعماق الرياضيات الصرفة وغوره في تعقيداتها فكان عملاً نادراً مارسه عند الحاجة فقط، وعند شعوره بحاجته إلى تطوير أداة رياضية جديدة أو ابتكار وسيلة أكثر مرونة لحل مسائله الفيزيائية أو لغرض إثبات فعالية ورجاحة أي أسلوب مبتكر كان قد استخدمه لغرضه الأول)).

وكغيره من عباقرة وأعلام الرياضيات الذين جاء هذا السِفر على ذكرهم بين دفتيه فإن ميوله كان موسوعياً وبحثه ظل شاملاً للعديد من جواهر مواضيع المعرفة كتلك التي اختصت بطبيعة الضوء والجاذبية والكيمياء والصوت والحرارة ودرجاتها وتقلبات الطقس والتنبؤ بتغيراته والفيزياء الشمسية.

ابتدأت رغبة استكشاف (فيزياء حركية السوائل) تنمو وتترعرع في نفسيته خلال أربعينات القرن التاسع عشر (1840s)، فقد استطاع في عام (1845) إنجاز العديد من الدراسات الخاصة بمواصفات الاحتكاك واللزوجة في الموائع. ومن الجدير بالذكر أن المعادلات والقوانين التي تمكن من التوصل إليها إضافة إلى الأفكار التي ابتدعها كانت مختلفةً تماماً من حيث الاسس النظرية التي استندت إليها ومغايرة جذرياً للأسلوب العملي الذي أوصله إليها، على رغم تشابهها وتماثلها مع الكثير من أعمال العلماء الفرنسيين من أمثال [كلود نافييه (1785–1836) Clude Navier] و [سيمون بيسو (1781–1840) Simeon Poisson] و[ادميه باري دو سان فينا (1797–1886) Adhemar Barre de Saint – Venant]، وخصوصاً تلك المتعلقة بجريان الموائع بمصاحبة عوامل الاحتكاك. ولكن الحقيقة التي لم تكن غائبة على أحد هو توصله إلى اكتشافاته ونظرياته السابقة بمفرده وبدون أدنى علم له بما كان الآخرون قد توصلوا إليه.

أضـف إلى كل ذلك تمكنه من تعميم معادلاته ونظرياتـه وذلك لغرض الوصول إلى وضع قوانـين لحركة المواد المرنة الصلبـة هذه المرة، فقد قام على سبيـل الخصوص بابتكار وتطوير مجموعـة مـن المعـادلات (التفاضليـة الجزئيـة الأساسيـة – Fundemental Partial Differential) التـي تعـرف اليوم باسم (معادلات نافييـه وستوكس – Navier and Stokes Equations) والتـي تمكنت من توصيف والتنبؤ بخصائص جريان الموائع غير القابلة للانضغاط إضافة إلى تمكنها من ربط علاقة مفعول الضغوط ومختلف القوى الخارجية على مائع ما واستجابته لتلك القوى وشكل تلك الاستجابة بتعديل أسلوب جريانه.

لقد أثبتت تلك المعادلات فائدتها وصحتها في التنبؤ والتفسير والإجابة على الكثير من الأسئلة المحتملـة والمشاكل المتوقعـة في مصانع بناء السفن وطريقة محاكاة التغـيرات الجوية، وفي مشاكل وهندسـة جريـان الماء في الأنابيب العملاقـة والمتوسطة وأسلوب انسيـاب دوامات الرياح حول أجنحـة الطائرات أثناء اختبارها وحين تحليقها. لقد تمكن (ستوكس) من نشر تلك المعادلات التي توصل إليها مع زميله (كلاود نافييه) والتي عرفت فيما بعد باسمه في عام (1845) وكانت صياغته لهـا بطريقة فطنـة نالت استحسان وتقدير معاصريه وحتى اليوم، هذا وقـد أُقيم في عام (1846) اجتمـاع علمي خاص للاحتفاء (بستوكـس) وإنجازاته رعته بصورة خاصـة (الجمعية البريطانية للتقدم وتطوير العلوم) وقد دعي هو شخصياً لتقديم أبحاثه والتحدث عن إنجازاته رسمياً خلاله.

تطرقت موهبته وأعماله وأبحاثه – وكما سبق أن أشرنا – إلى العديد من الحقول والمواضيع العلمية والرياضية نلخص منها على سبيل المثال لا الحصر ما يلـي:

- تذبذب الموجات المختلفة في الماء (1847).
- تأثير الاحتكاك الهوائي على تصرف قطيرات المطر وتكوين السحب (1847).
- المتواليات الدورية في علوم الرياضيات وتطبيقاتها في دراسة الحرارة وحركية السوائل والكهربائية (1847).
- العلاقة ما بين قوة الجاذبية في إحدى بقاع الأرض وتأثيرات ذلك على تشكيل وشكل سطحها فيها (1849).

• البرهان الذي يبين حقيقة كون جاذبية الأرض أقل وأضعف على سطح قارة منها على جزيرة (1849).

• أسلوب عمل وتطبيقات إحدى الطرق المبتكرة في تعيين قيمة التكامل التالي المستعمل في الدراسات البصرية:

$$\int_0^{\infty} \cos\left[\frac{\pi}{2}(x^3 - mx)\right] dx$$

لقيم كبيرة وحقيقية لـ(m). (1850)

• تأثيرات لزوجة السوائل على حركة البندول خلالها (1850).

• قانونه الذي يفسر أسلوب سقوط جسم خلال سائل رياضياً (1851).

• تأثيرات الرياح على شدة الصوت (1857).

• تأثيرات قرع الأجراس المشكلة على هيئة كرات على تصرف الغازات المحيطة بها (1868).

• مختلف أوجه الدراسات حول الضوء و(استقطابه – Polarization) ومواصفات (حيوده – Diffraction).

• قياسات الانحراف البصري في العيون (1849).

• حلول المعادلات التفاضلية المعبرة عن حركة الجسور الحاملة للسكك الحديدية (1849).

• تصميم واختيار الأجهزة اللازمة لتحليل الضوء المستقطب إهليجياً (1851).

• التوصيل الحراري خلال البلورات (1851).

• طرق لتحديد الثوابت اللازمة (للحلول التقاربية – Asymptotic Solutions) لمعادلة (بيزل – The Bessel Equation)[1]:

(1) Bessel Equation – أو قد تسمى بدالة (بازل) وهي دالة حسابية أول من عرّفها هو الرياضي الألماني المولد سويسري الجنسية [دانييل برنولي – 1700-1782) Daniel Bernoulli)] وعممها الرياضي الألماني [فردريخ بازل – Friedrich Wilhelm Bassel (1784-1846)] فحملت اسمه. ومن أهم تطبيقاتها دراسة وحساب التغلغل الموجي وفروق الجهد المستقرة في علوم الموجات الكهرومغناطيسية والتوصيل الحراري وفي تذبذب الأغشية الصناعية – كالطبول وسماعات التلفون وفي مسائل النفوذية والانتشار في البلورات. وتختص هذه المعادلة بالأسطح الأسطوانية بصورة عامة ويعبر عنها رياضياً كما يلي: لأي رقم حقيقي أو معقد لـ(α).

$$\left[x^2 \frac{d^2y}{dx^2} + x\frac{dy}{dx} + (x^2 - \alpha^2)y = 0\right]$$

$$\frac{d^2y}{dx^2}+\frac{1}{x}\frac{dy}{dx}-\frac{n^2}{x^2}y=y$$

لأي ثابت حقيقي هو (n)، (1868)

• تفسير ظاهرتي (التلألؤ – Fluorescence) و(الأطياف الضوئية – Spectra) (1852– 1854).

وفيما يخص النقطة الأخيرة هذه فمن المفيد أن نعلم بأن (التلألؤ) يشير ويعني ظاهرة لمعان جسم ما وإطلاقه للضوء المرئي بلون معين خاص بعد استحاثته وتهيجه من جراء تسليط أشعة كهرومغناطيسية عليه.

وفي عام (1852) تمكن (ستوكس) من التوصل إلى اكتشاف خاصية معينة في هذه الظاهرة، ألا وهي أن الطول الموجي لأشعة (ضوء التلألؤ) الصادر عن أي جسم يتمتع بهذه الخاصية لابد وأن يكون دائماً أكبر من الطول الموجي للإشعاع الكهرومغناطيسي اللازم لاستحاثته وتهيجه. وقد قام بالفعل بنشر نتائجه التي توصل إليها في عام (1852) في مذكرة بحث بعنوان (حول تغيرات خاصية استلام الأشعة الكهرومغناطيسية وانبعاثها).

وتسمى اليوم تلك الظاهرة باسم ظاهرة (تلألؤ ستوكس – Stokes's Fluorescence) وتعني – مرة أخرى – قابلية جزيئات الأجسام على إعادة إشعاع الضوء بفوتونات تمتاز بأطوال موجية أكبر (أي بطاقة أقل وبذبذبة أدنى) من تلك التي سبق لها امتصاصها والتي كانت بطاقة أعلى وبذبذبة أكبر أي أن أطوالها الموجية كانت أقصر، أما تفسير هذه الظاهرة من الناحية العلمية فيعود الى خواص جزيئات المواد المتمتعة باكتسابها لخاصية التلألؤ ذاتها. ومن المعلوم أن فوتونات شعاع الضوء الساقط على الأجسام المتلألئة تحتاج إلى ما يقارب (10 مرفوعة إلى الأس السالب 15) من الثانية كي يتم امتصاصها من قبل تلك الأجسام، وأن الطاقة المحمولة من قبلها سوف تنتقل إلى إلكترونات ذراتها وتعمل على تحفيزها و نقلها من مستويات طاقاتها الأدنى (أي من مداراتها القريبة من النواة) إلى مستويات طاقة أعلى (أي إلى مدارات أبعد عن النواة). هذا وتبقى الإلكترونات المحفَزة في مداراتها العليا الجديدة لما لا يزيد على (10 مرفوعة إلى الأس السالب 8) من الثانية تعود بعدها إلى سابق حالتها وماضي وضعها، وعليها في هذه الحالة أن

تتخلص من الطاقة التي استلمتها فترسلها إلى خارجها على شكل فوتونات بطاقة مقاربة لطاقة الفوتون التي استلمتها أول مرة ولكن أقل قليلاً. وتُرى الفوتونات الجديدة المنبعثة على شكل ضوء مرئي ملون متلألئ تكسي بعض المواد بتلك الخاصية فيطلق عليها صفتها، ويعلم فيزيائيو الضوء بوجود المصطلح الخاص الدال رياضيا على مقدار الفرق ما بين الطول الموجي للفوتونات أو الموجة الكهرومغناطيسية الواردة إلى الذرات المتلألئة وبين الطول الموجي للفوتونات أو الموجة الكهرومغناطيسية الشاردة منها فأطلقوا عليه اسم (مقدار تغير ستوكس – Stokes Shift).

أما مصدر وأصل تسمية ظاهرة (التلألؤ) بذلك الاسم فيعود إلى مادة (الفوريت – Fluorite)[1] وهي مادة امتازت بشدة تلألؤها.

أما هو فكان أول من فسر بصورة علمية مقنعة تلك الظاهرة وأثبت إمكانية استحداثها في بعض المواد عن طريق تحفيزها بتسليط أشعة الضوء فوق البنفسجية عليها. ونعلم اليوم أن خاصية تحفيز تلك المواد لا تقتصر على استعمالنا على الضوء والأشعة فوق البنفسجية كما اختبر وذكر (ستوكس) نفسه، وإنما بإمكان كافة أنواع الإشعاعات الكهرومغناطيسية سواء كانت الضوء فوق البنفسجي أو الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء وحتى الأشعة السينية والموجات الراديوية على توليدها.

لقد استمتع (ستوكس) وطوال حياته بالتفكير وتصميم التجارب والقيام بها، تلك التجارب التي عبرت عن اهتماماته التي غطت بالحقيقة طيفاً واسعاً جداً من العلوم تراوح ما بين الفيزياء وعلوم النبات، حتى إنه كان قد ساهم في التوصل إلى اكتشاف التركيب الفعلي لمادة (اليخضور – الكلوروفيل – Chlorophyll) وهي المادة الكيميائية الحياتية التي تكسب أوراق النباتات لونها الأخضر والمسؤولة عن إنجاز عملية (التركيب الضوئي Photosynthesis)

(1) Fluorite – ويسمى أيضا بالفلوروسبار، وهو خام هالوجيني مكون من (فلوريد الكلسيوم – $C_a F_2$)، يوجد على أشكال تكعيبية متجانسة وقد تكون ثمانية الأوجه متجانسة. قد توجد بلوراته متطابقة كالتوائم وأمكن إيجاد مكعباتها بطول ضلع مقداره 20 سنتيمتراً في إحدى خاماتها في روسيا. يعني الاسم باللاتينية (القابل للسيلان أو الإسالة) بسبب انخفاض درجة انصهار أفرادها ومنها اشتق اسم عنصر غاز الفلورين.(المترجم).

لإنتـاج (السكـر الاولي – الكلوكوز – Glucose) من مواده الأوليـة وهي غاز ثاني أوكسيد الكربـون الذي يمتصـه النبات من الجو ومن الماء الذي يأخذه مـن التربة. وقد نشر ذلك البحث في عـام (1864) في دوريـة (الجديد مـن اكتشافات الجمعية العلمية). ومـن بين أعماله المهمة الأخرى كانت (وعلى سبيل المثال) نظريته في ظاهرة (استطارة – Diffraction) الضوء والتي نشرها في عام (1849) بعنوان (النظرية الحركية في الإستطارة – Dynamical Theory of Diffraction) وبحـوث في (الضـوء – Light) في عـام (1884)، والمسالك الطبيعية في علـوم الدين في عـام (1891)، علماً بأن ستوكس نفسه لم يكن ميالاً إلى نشر أعماله واكتشافاته وإنما اقتصر ذكره لها أمام طلابه ومستمعيه خلال إلقائه لمحاضراته.

امتـاز (ستوكس) في حياته وفي تصرفاته وأعمالـه بقيم خلقية ومهنية عالية جداً، فقد كان متواضعـاً في تصرفاته كريمـاً في اعترافه بفضل الآخرين عليه وعلى المجتمع، ولم تكن في ذاته ذرة من حسد، فكم كان سعيداً بالاعتراف والإشادة بجهود من سبقوه والإشارة إليهم بالبنان كلمـا اقتنـع بأن ما توصل إليه هو بجهده وبتفكيره كان قد سبقـه غيره إليه، وكثيراً ما تكون تلـك الإشارة والاشـادة بغير ما منة وبدون أي جدال. أضـف إلى كل ذلك امتيازه عن غيره بدأبـه على... وعدم تحرجه من مشاركة معظم أفكاره وإبداعاته الذهنية مع غيره من العلماء دونمـا خوف من أي (سرقة لأفكاره) ولا أي انتحال لإنجازاته من قبل الغير، فقد كان لا يبالي بذلـك. وقد جاء على لسان (لومار – Lumar) يوماً بـأن أحد أعضاء الجمعية الملكية كان لقـد لاحظ المنحى والأسلوب المهني الراقي والنـادر والخصال التربوية والإنسانية النادرة في شخصية ستوكس حين قـال:

((إن ما استرعى انتباهي واستدعى إعجابي حقاً في صفات ومزايا الأستاذ (جورج) هو منتهى كرمه في طريقة احترامه واسـتقباله لكافة الناشدين لنصحه ولرأيه، فهو كثيراً ما كان يترك ما في يده من أعمال علمية ويتوقف عن تأملاته وأفكاره الشخصـية، ولفترة مـن الوقت الثمين يمنحها بكرم وسـعادة مع كامـل اهتمامه وإنصـاته وتعاطفه إلى أي نظرية علمية أو نقطة جوهرية فلسفية أو ملاحظة عملية تجريبية كان يود أحد طلابه أن

يستأنس برأيه فيها أو أن يطلب نصحه بشأنها)).

لقد أكد (ديفد ولسن – David Wilson) في مؤلفه الموسوم (المراسلات العلمية والآراء الكلامية ما بين كل من (السر جورج كابريل ستوكس) و(السر وليم ثومسن المعروف بالبارون كلفن) دماثة خلق الأول وكرمه العلمي وأخلاقه العالية حين كتب يقـــول:

((يصـح هنـا ما يقال بـأن جمهرة العلماء لا يتفقـون على باطل؛ ولكـن معظم علماء ومفكري أواخر القرن التاسع عشر كانوا قد توصلوا إلى شبه إجماع بأن (ستوكس) – بتصرفه وأفكاره وممارساته – كان مختلفاً كامل الاختلاف عن معاصره (كلفن)... لم يكن ذهن وتفكير (ستوكس) ولعقود خلت حكراً عليه، بمعنى أنه لم يبخل قط لا بوقته – فهو لم يحكره ويحجره على أداء أبحاثه الشخصية وحسب – ولا بإبداعاته وبنات تفكيره عن أحد –فكان كثيراً ما يسـاعد الآخرين في بحوثهم ويشـحذ هممهم ويساعدهم– إلى الدرجـة التي حدت بالكيميائـي (ارثر سـمثلز – Arthur Smithells) إلى الإفصـاح خطياً بأن (ما قدمه سـتوكس لأبناء جيله وتلامذته وزملائه كان من العظمة والثراء ما يصعب أو يستحيل حصره، علماً وخلقاً ونصحاً). لقد اعترف حتى (كالفن) بكرم (ستوكس) الذي لم تكن لتحده حدود [فقد كان كالريح المرسلة التي ترمي بكنوز أفكارها لكل من كان له نصيب وافر من حظ باهر ساقه إلى طريقه فنال حظوة الحصول على كل ما صادف وسأله عنه])).

هناك اليوم ما يُعرف (بنظرية ستوكس في حساب التفاضل والهندسة)[1].

والتـي ظهرت للعيان ولأول مرة في عـام (1850) وقد ثبتها (اللـورد كلفن) وهو اللقب

(1) Stokes Theorem – نظريـة ستوكس – أو نظريـة ستوكس الشاملة. هـي نظرية في حقل التفاضـل الهندسي والخاصة (بالمضاعفات Manifolds–) ومثالهـا تصغير أحجام كبيرة من سطح الأرض لتمكين رسمها علـى السطح الإقليدي الاعتيادي (مثل مستوى الورقة) رغم حقيقة كونه منحني، وقد استطاعـت هذه الطريقة اختـزال العديـد من النظريـات الأخـرى فـي مواضيـع (التفاضل الاتجاهـي – Vector Calculus). كان أول مـن توصـل إليهـا هـو (وليم ثومسون – William Thomson) والمعروف باللورد (كلفن) وأخبر (ستوكس) بها في شهر تموز (يوليو) من عام (1850). وضعها ستوكس بدوره كسؤال من ضمن اختبارات (جائزة سمث) لعام (1854). الأمر الذي أدى إلى تسميتها باسمه. (المترجم).

الذي أطلق على (وليم ثومسن – William Thomson) في رسالة له إلى (ستوكس) نفسه ولكن لم يضمنها أي إثبات لها. ولقد اكتسبت اسمها من اسم (ستوكس) وذلك ابتداءً من عام (1854)، وذلك لأن هذا الأخير كان الواضع الأول لإثباتها في خلال أدائه لأحد امتحاناته. أكد نسبه الاسم إلى النظرية استعماله من قبل العالم الجليل (جيمس كلارك مكسويل – James Clerk Maxwell) كلما جاء في ذكره إياها.

وفي عام (1891) ذكر (ستوكس) في كتابه الذي ألفه بعنوان (المسالك الطبيعية في علوم الدين) ما يلي:

((إذا ما اعترفنا وآمنا بوجود الله (عز وجل) وأيقنا ببديع صنعه وإنفاذ إرادته في ملكوته فإن المعجزات مصطلحاً وحقيقةً لن تكون بعيدة عن متناول إدراكنا فستكون حتماً كنتيجة طبيعية لذلك الإيمان، فالتفكير المنطقي السليم والنابع من يقيننا بأنه هو (سبحانه وتعالى) الموجد للكون ولقوانينه ونواميسه سيحتم علينا قبول النتيجة الطبيعية التي تحتم إمكانيته (جل وعلا) على إيقافها وتعليقها مؤقتاً – لحدوث المعجزة – الخارقة لها. أما إذا ما شاكل عقلك أي رَيبٌ في إمكانية تعليق قوانين نواميس الكون أو إيقافها فلست مجبراً على الإيمان بذلك)).

لقد عاش (ستوكس) حاملاً مضض الوحدة بعد وفاة زوجته، رغم مجيء إحدى بناته مع زوجها واستقرارهما معه في ذات كوخه للسهر على راحته وتقديم الخدمات الواجبة من قبلهما إليه ولرعايته بعد ذلك الحادث الأليم. نعته (مجلة التايمز – The Times Magazine) بعد يومين من موافاته لأجله في عام (1903)، وقد جاء في ذلك النعي ما يلي:

((لقد كان (السر ج. ستوكس) ألمعياً متميزاً بكل شيء.... ولكن إن وجب علينا التحديد والتعيين فسيأتي إعجابنا بخلقه العالي وقابليته الفذة على تجاوز مثالب الطموح الزائد والحسد المزري.... لقد كان إنساناً سامياً لم يبخل بكرمه العلمي على أحد رغم عبقريته الرياضية وطراز تفكيره العبقري الفريد.... وعلى ذكر العبقرية والملكات الرياضية، فكثيراً ما جاء في الذكر والأثر بأن العقول الجبارة القادرة على إدراك

وتحليل خوافي وأعماق الرياضيات العالية غالبا ما تكون قاصرة عن إدراك متطلبات الحياة الاعتيادية وغالبا ما تفشل في تحقيق اندماجها فيها. ولكن في سيرة (السر جورج ستوكس) ما يثبت بالملموس من الفعل وبالمرئي والمحسوس من العمل، بأن ذكاء الرجل كان على أتم الاستعداد، وكان قد نجح بالفعل في التعامل مع الحياة ومشاكلها العملية ومتطلباتها الاجتماعية بنفس يسر وسهولة تعامله وتفكيره بمبادئ وقوانين ومعادلات الرياضيات العالية)).

لقد جاء نعيه كذلك على ذكر عميق إيمانه بالله (تبارك وتعالى) وعلى تأثير ذلك الإيمان على صقل شخصيته وحسن أخلاقه وتصرفه مع كافة الناس ومن ضمنهم طلابه ومحبوه، كما جاء على تعظيم وتخليد منحاه في حياته وأعماله وأفكاره على تعظيم وتقديس العلم والدين ودأبه على توثيق وإثبات دعم أحدهما للآخر دائماً:

((لا يمكن إدراك وإحسان ذكر أي من إنجازاته في حياته دون التطرق وامتداح الجانب الروحي والديني الذي كان دائم الظهور عليها، ولقد كان بنظر الكثيرين – وحتى اليوم – المثال الحقيقي المتجسد للإمكانية العلمية الحقيقة الفذة المتجسدة والمتشربة بالإيمان الصادق والاعتقاد بوجود الخالق (جل وعلا)، فهو كان قد نجح فعلاً في تجسيد تلاقح المنحى البحثي العلمي مع التقوى والانصياع للتعاليم الدينية.... ورغم صعوبة إدراك هذا التوازن فقد كان (ستوك) من قلائل العلماء الذين تمتعوا بقابلية إدامة الحوار ومشاركة الأفكار الجامعة بين الدين والعلم وبأسلوب صادق جذاب يمنع اصطدامهما)).

ولم ينس المجتمع العلمي ولا كافة أفراده فضل هذا العالم الجليل ولا إنجازاته، فمن بين أساليب تكريمه وإعلاء شأنه وحفظ ذكراه كان إطلاق اسمه على إحدى فوهات القمر بقطر (51 كيلومتراً)، وهو الاسم الذي تمت المصادقة عليه رسميا من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين في عام (1964). كما أطلق اسمه – تيمناً به كذلك – على إحدى الفوهات الموجودة على سطح كوكب المريخ والتي امتازت بوجود العديد من الكثبان الرملية الداكنة فيها.

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Dake, H. C., and Jack DeMent, *Fluorescent Light and Its Applications* (Brooklyn, NY: Chemical Publishing Company, Inc., 1941), 51-52.

Dietz, Leonard A., "Contamination of Persian Gulf War Veterans and Others by Depleted Uranium," July 19, 1996; see www.wise-uranium.org/dgvd.html.

Hopkin, Michael, "Swimming in Syrup Is as Easy as Water," Nature Publishing Group; see www.nature.com/news/2004/040920/full/news040920-2.html.

Larmor, Joseph, *Memoir and Scientific Correspondence of the Late Sir George Gabriel Stokes* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1907).

Parkinson, E. M., "George Stokes," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Wilson, David, *The Correspondence Between Sir George Gabriel Stokes and Sir William Thomson, Baron Kelvin of Largs* (New York: Cambridge University Press, 1990).

Wood, Alastair, "George Gabriel Stokes 1819-1903: An Irish Mathematical Physicist," School of Mathematical Sciences, Dublin City University, Ireland, 1998; see www.cmde.dcu.ie/Stokes/GGStokes.html.

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• واجب ووظيفة الفيزياء الأساسية هي دأبها واجتهادها المستمر لإيجاد النسق والنمط (متمثلة بالقوانين والمبادئ) الذي يمكننا وبوضوح من تفسير تصرف مختلف الظواهر والأحداث التي نشاهدها. ورغم رشاقة تلك القوانين وجمالها وكفاءتها إلا أن تفكيرنا سيظل عاجزاً عن تفسير سبب تصرفها بذلك الأسلوب، وما هو ناموس تكوينها ولن نستطيع الإجابة على (لم عليها أن تظهر على ذلك الشكل؟)، وحتى لو تصورنا توصلنا لإدراك أي قوة عليا أو ذكاء خارجي (أو توصل هو لنا) وأجابنا بذكاء على كافة أسئلتنا السابقة فإننا سنجدها حتما أجوبة لا منطقية ولا عقلانية.

جينز

James Hopewood Jeans، (Physics and Philosophy، 1942).

مقتطف من كتابه (الفيزياء والفلسفة).

• أخالني على صواب حينما أعتبر قوانين الطبيعة تعبيراً عن إرادة الخالق (سبحانه) والمجسد لأفكاره (تبارك وتعالى)، فهي الخالدة الأزلية الثبات. وبثباتها وأزليتها يتلاشى أي احتمال (للصدفة) وتكاد حتى مجرد الكلمة أن تزول، فلا وجود ولا معنى لأي صدفة أبداً بوجود القوانين الطبيعية الثابتة والراسخة (ولا

حتى تحت كل ما يسمى قانوناً). فلا يتبقى لنا هنا إلا اعتبارها (أي الصدفة) نتيجة متبقية من حاصل إخفاق بعض الحسابات هنا أو فشل بعض النتائج هناك والتي قد يظهرها تطبيق بعض القوانين الطبيعية المعروفة أو التي ستعرف فيما بعد.

موت

Henry Augustus Mott، (The Laws of Nature and Man's Power to Make Them Subservient to His Wishes)، 1882.

مقتطف من كتابه الموسوم (قوانين الطبيعة وفعل الإنسان في إخضاعها لإرادته).

• متى ما توصلت إلى القناعة التامة الراسخة بأن أي نظرية قد توصلت إليها أو فكرت فيها هي الأسلوب (الوحيد) والطريقة التي (لا مناص عنها) لتفسير ظاهرة واحدة أو مجموعة من الظواهر، هنا عليك أن تعي بأن هذه هي الإشارة الواضحة والدليل القاطع على أنك لم تفهم هذه النظرية أصلاً ولم تدرك لم وضعت ولا لأي حل ستقود.

بوبر

Karl Popper، (Objective Knowledge، An Evolutionary Appoach).

مقتطف من كتابه (المعرفة الموضوعية كأسلوب للتطور).

• جاء أول ذكر رسمي موثق معترف به لمصطلح (القانون الطبيعي) في اللغة الإنكليزية في حوالي القرن السابع عشر حينما بدأت مبادئ العلوم المنهجية في ترسيخ خطواتها تهيؤاً للانتشار.

وقد جاء بالفعل أول ذكر لأول مثالين حقيقيين لهما في معجم أكسفورد للغة الإنكليزية المنشور في عام (1665). عُزي أحدهما (لبويل - Boyle)، وجاء ذكر الثاني في دورية (إنجازات الجمعية العلمية) - كلاهما كان قد عَزا حركة الكون لإرادة الله (سبحانه وتعالى) وفيما عدا ذلك لم نجد إلا ذكر [(دسكاريه - Descartes) لقواعد وقوانين الطبيعة)] في كتابه المنشور في عام (1644) والذي كان بعنوان (المبادئ الفلسفية).

فراين

Michael Frayn، (The Human Touch).

مقتطف من كتابه (اللمسة الإنسانية).

قانون بير للامتصاص الضوئي

BEER'S LAW OF ABSORPTION

ألمانيا، 1852

تتناسب قابلية أي محلول لامتصاص الضوء المار به طرديا مع تركيز المادة المذابة فيه.

محاور ذات علاقة:

- بيير بوغوي (PIERRE BOUGUER)، و (يوهان لامبير JOHANN LAMBERT)، وقانون لامبير - بر (THE LAMBERT - BEER LAW)، وقانون بوغوي - بيير (THE BOUGUER - BEER LAW).

من أحداث عـــام (1852):

- نشرت الكاتبة الأمريكية (هاربيت بيشير ستو - Harriet Beecher Stowe) كتابها الشهير (كوخ العم توم).

- نشرت الطبعة الأولى من(ثيزورس - Thesaurus) للطبيب ومؤلف المعاجم البريطاني (بيتر روجيه - Peter Roget) واعتُقلت الأمريكية - إيما سنود غراس - Emma Snodgrass) في بوسطن بتهمة ارتداء السروال الرجالي، ثم ما لبث أن تم إطلاق سراحها من قبل القاضي بعد محاضرة مطولة شرح لها فيها ونصحها خلالها بتجنب مثل هذه التصرفات غير المعتادة!

نص القانون وشرحه:

لنأخذ إناء زجاجيا أسطوانيا مملوءاً بمحلول ملون ونمرر خلاله حزمة ضوئية بطول موجي معين هو(λ) وبشدة معينة هي (I_0). لنا أن نتصور أن المحلول الملون في الأسطوانة الزجاجية لابد وأن يمتص جزءاً من حزمة الضوء المارة خلاله ويسمح للجزء الباقي بالمرور الذي ستصبح شدته (I).

ينص قانون بير على **أن كمية الضوء الممتصة من قبل المحلول تتناسب طرديا مع تركيزه** (أي مع تركيز المادة المذابة فيه) **ومع طول المسار الضوئي خلاله** وسيمكننا التعبير رياضيا عن هذا القانون

بالمعادلة التالية:

$$A = \varepsilon \times c \times l,$$

حيث يمثل (A) مقدار امتصاص المحلول للضوء و (C) تركيزه مقاساً بعدد الأوزان المعيارية المذابة في اللتر الواحد منه (مول/لتر) و (*l*) هو طول المسار الضوئي بالسنتيمتر و (ε) هو ثابت التناسب الذي يسمى المعامل المعياري المميز أو الثابت المعياري للامتصاص. والآن إذا فرضنا أن A = صفرا لمحلول ما، فلن يمتص هذا المحلول أي فوتونا من فوتونات الضوء المار خلاله. تبرز دقة هذا القانون عند تطبيقه على المحاليل المخففة نسبيا ولا يمكن الاعتماد على دقته في المحاليل شديدة التركيز بسبب التداخلات التي تحدث بين جزيئات المحلول في تلك الحالة وتقاربها من بعضها البعض وتداخل شحناتها المستقرة فيما بينها، كما لا يمكن استخدامه أيضا في المحاليل ذوات الخواص الباعثة ذاتيا للضوء أو الحاثة له.

يمكن تعريف (A) بمنظور رياضي آخر هو:

$$A_\lambda = -\log_{10}(I/I_0)$$

عندما تكون (*I*) شدة الضوء النافذ من خلال السائل.

أما من الناحية العملية فيمكن استخدام هذا القانون وخاصية امتصاص الضوء من قبل محلول معين لمعرفة تركيزه أو لمعرفة الطول الموجي للضوء النافذ خلاله عند معرفة إحداهما، ويعتبر (قانون بيير) هذا الأساس في اختراع (المطياف) واستخدامه لمعرفة الطول الموجي للضوء النافذ (ε) وثابت التناسب للمحلول المستعمل، فإن معرفة كمية الضوء الممتصة من قبله ستمكننا من معرفة تركيز المادة المذابة فيه. ومن الجدير بالذكر هنا أن قيمة معامل الامتصاص (ε) تعتمد على طبيعة المادة المذابة وعلى الطول الموجي للضوء المستعمل.

للفضوليين فقط:

- يكاد لا يمكن حصر التطبيقات العملية المهمة (لقانون بير)، والتي تغطي مساحة هائلة منها تتراوح من دون حصر ما بين كشف المحاليل المختبرية المجهولة وتراكيزها من جهة وبين قابلية مختلف طبقات الجو على امتصاص الضوء من جهة أخرى. ومن التطبيقات الغريبة لهذا القانون استعماله من قبل

علماء النبات المهتمين بدراسة التجمعات الورقية العليا في الغابات الاستوائية الكثيفة والغابات المطيرة، فبفضل التحسينات التي أُدخلت عليه صار بالإمكان معرفة مقدار نفوذية الضوء من خلال أعالي الأغصان المتشابكة الكثيفة وإلى ارتفاعات معينة فوق سطح الأرض في تلك التجمعات الشجرية، ولدهشة العلماء فقد اكتشفوا اعتماد ثابت التناسب وهو الثابت المعياري للامتصاص على مقدار التغير في اتجاه الأوراق ومقدار زاوية جنوحها نحو الضوء في تلك الغابات وعلى تلك الارتفاعات.

أقوال مأثورة:

- بالإمكان تأكيد العلاقة البينة بين مقدار الضوء والإشعاع المنعكس من أرضية الغابات أو طبقات أوراقها السفلى وتأثير ذلك على طبقاتها العليا باستخدام شكل من أشكال قانون بير!

لي

Richard Lee، Forest Microclimatology

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولد [اوكست بير (1825 – 1863) August Beer] عالم الرياضيات والكيميائي والفيزيائي الألماني الذي اشتهر بدراساته لخواص امتصاص الضوء في السوائل، في مدينة (تريه – Trier) وهي إحدى أقدم مدن ألمانيا التي تقع على الساحل الغربي لنهر (موسيل Moselle) قرب حدود ألمانيا مع (الكسمبرك –Luxembourg)، درس العلوم الطبيعية والرياضيات وتتلمذ على يد الرياضي والفيزيائي الألماني [جوليس بلكر (1801 – 1868) Julius Blucker] واستطاع أن ينال شهادة الدكتوراه ولما يتجاوز عامه الثالث والعشرين. قدّم وشرح قانونه المعروف الآن باسم **(قانون بير)** في كتابه (مقدمة في البصريات الفائقة– Introduction to Advanced Optics (Einleitungin die hohere Optik) وذاع صيته العلمي بعد ذلك حيث سرعان ما حصل على كرسي أستاذ الرياضيات في جامعة (بون Bonn). وفي ثلاثينيات عمره اجتاحته رغبة عارمة في تلخيص كامل الفيزياء الرياضية في كتاب، إلا أن منيته سرعان ما عاجلته وهو في عامه الثامن والثلاثين

وحالـت دون تحقيق تلك الأمنية الجبـارة والطموحة، ولذلك لم يمكن نشر معظم أوراقه والتي تضمنت مقالات في المرونة والمغناطيسية والكهربائية الحركية والخاصية الشعرية للأنابيب الدقيقة إلا بعد وفاته.

كان مـن الملاحظ عنـد العامة والعلماء، وقبل أن يُقدم **(بير)** علـى نشر اكتشافه الذي عرف فيما بعد **(بقانون بير)**، أن شدة الضوء بعد مروره خلال أي محلول لابد وأن يكون أقل من شدته عنـد المصدر. وفي هذا السياق على سبيل المثال فقـد صـاغ الرياضـي الفرنسـي [بيير بوغوي Pierre Bouguer (1898 – 1758)] في عـــام (1729) هـذه الملاحظـة كمّياً بقانونه حول الامتصاص الضوئي والذي نص على: **التناسب بين شدة شطر الضوء الممتص من قبل أي مادة مع سـمكهـا**، فقـد وضـع بوغـوي فـي مقالتـه المنشـورة فـي عـام (1729) بعنوان (تجـارب بصرية في اضمحـلال الضـوء): Essi – de la Lumicr Gradation sur la s'optique – (Opticel Experimcuts on the Gradation of Light)

حقيقة تناقص شـدة الضوء المرئي النافذ من خلال طبقات الجو العليا المتعاقبة واضمحلال شدته متى ما وصل إلى سطح الأرض وتمكنا من قياسه.

لم يحصل (بوغوي – Bouguer) على الشهرة التي نالها (بير – Beer) رغم اعتباره من قبل العديد من العلماء المكتشف الحقيقي للقانون الذي حمل ومازال يحمل اسم **(قانون بير)**، ومن الجدير بالذكـر أن الرياضـي والفلكـي والفيزيائي السويسـري [يوهان هينرخ لامبير Johann Heinrich Lambert (1728–1777)] كان أكـثر وضوحا من (بوغوي) حين أعاد في مقالته الموسومة **(قانون لامبير للانبعاث الضوئي – الجزء الثاني)** اكتشاف ونشر **(قانون بوغوي)** للامتصاص الضوئي. وبعد إجراء وإعادة تقييم العديد من التجارب التكميلية الأكثر دقة لاحظ العديد من العلماء أن كمية الضوء الممتص من قبل أي محلول لابد وأن تتأثر بعوامل كثـيرة أخرى إضافة إلى اعتبـار سمك المسار الضوئي له. وأخيرا أعلن **(بير)** في عام (1852) الصيغة النهائية لقانون امتصاص الضوء في المحاليل والذي سبق وأن سمي بالعديد من الأسماء مثـل **(قانون بـير)** أو **(قانون لامبير – بـير)** أو **(قانون بوغوي – بير)** حين لاحـظ أنه بالإضافة إلى تناسب طول مسار الضوء (سمك المحلول) طرديا مع كمية الضوء الممتص عند مروره به، فإن

لكمية المادة المذابة في ذلك المحلول ومن ثم لتركيزه الأثر البين على ذلك الامتصاص أيضا.

شكل هذا القانون حجر الزاوية لما عرف لاحقا بـ(علم التحليل الطيفي الضوئي الكمي)، لأنه وببساطة وفر الطريقة الرياضية المثلى لمعرفة تركيز أي محلول دون الحاجة لإتلاف ولو جزء يسير منه. وتشعبت استخدامات (**قانون بير**) مع الأيام. ففي وقتنا الحاضر يستعمل هذا القانون لتحديد مقدار الأشعة الفوق بنفسجية اللازمة للتخلص من الميكروبات في المشروبات والعصائر والتي تعتمد على مقدار امتصاص تلك العصائر لتلك الأشعة وهذا بالضبط ما يفسره قانون (بيير).

ومن الجدير بالذكر أيضاً أن صاحبنا (بيير) لم يتمكن من صياغة القانون الأُسي للامتصاص،

$$\boxed{I = I_0 e^{-acx},}$$

إلا أن اسمه قد لحق به فسمي كذلك باسمه حيث (I) هو شدة الضوء المار خلال نموذج محلول بسمك مقداره (x) وبتركيز (c) في حين يمثل (a) معامل الامتصاص. أما أول من أطلق اسم (قانون بيير) على هذه العلاقة فهو (ب. والتر– B. Walter) في مقالته المنشورة حول الموضوع في دورية (حوليات الفيزياء) عام 1889.

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Ihde, Aaron John. *The Development of Modern Chemistry* (New York: Dover, 1984).

Mavi, Harpal S., *Agrometeorology* (Binghamton, NY.: Haworth Press, 2004): discusses applications of Beer's Law to forest canopies.

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• في البداية كانت الذرات... أوجدت نفسها بنفسها!! واستطاعت كل ذرة أن تختار لنفسها من قوانين الحركة ما تشتهي كناموس لها!! وهكذا عاش الجميع دهرهم بسعادة وحبور، وهكذا صدقوا ما عاهدوا بعضهم بعضا عليه ولم تنقض أي ذرة مذ ذاك عهدها المذكور!! ظل حالهم على ذا الحال حتى أعلَنّ مجتمعات: (أن يا أيتها الذرات اتفقن جميعاً على خطأ الجاذبية، وتَمردْن جميعكن على كافة قوانين الفيزياء). عند ذاك دقت ساعة الكون، وآل بأكمله إلى الزوال.

والآن إذا ما استنكر الملحدون غرابة هذه الأقصوصة، فليس لهم إلا أن يلوموا أنفسهم لأن دقة القوى الملازمة لحفظ الذرات في الكون والتي تُحيل دون نقضها لا يمكن أن تترجم لغويا بأفصح مما قيل.

هنري اوكستس موت من

Henry Augustus Mott.

The Laws of Nature and Man's Power to Make Them Subservient to His Wishes

مقتطف من كتابه (سلطة الإنسان في إخضاع قوانين الطبيعة لإرادته)

• كيف كان للكون – ومنذ لحظة ميلاده – أن يعي القوانين التي سيستوجب عليه اتباعها؟!

سمولن

Lee Smolin (Never Say Always), New Scientist, Septenber 23, 2006.

من مقالتــه (لا تقل دائما أبدا).

• ما عليك إلا أن تبســط يديك للريح ثم تقبضــهما بسرعة لتشـعر بحلاوة بضعة قوانين طبيعية مفعمة بالنكهة الرياضــية فيهما! وما الغرابة في ذلك إذا علمت أن حتى الشــمس عند استئذانها للدخول من خلال شبابيك غرفتك صباحا، عليها ألا تنسى القوانين التي عليها الخضوع لها وفق مشيئة الله (عز وجل) والتي صيغت رياضيا من قبل نيوتن وانينشتاين وهينزنبرك.

ليوبولد انفلد

Leopeld Infeld, Quest: An Autobiogrophy

مقتطف من (سيرته الذاتية).

• مــن الغرابــة حقاً أنك لا تجد أي أثر لاســتخدام مصــطلح (القانون – Law)، لا لتوصــيف أعمال (كوبرنيكوس – Copernicus)، ولا لأعمال (غاليليو – Galileo)! كما وإنك بالمثل ســتعجب لعدم استخدام (كبلر – Kepler) لهذا المصطلح لتوصيف أعماله أيضاً، علماً بأنها كانت أول ما عُرف بـ(القوانين العلمية) الحقيقية، اعني بها (قوانيـنه) الثلاثة في حركة الكواكب.

فراين

Michael Frayn, The Human Touch

مقتطف من كتابه (اللمسة الإنسانية).

قانون ويدمان - فرانز للتوصيل الكهربائي والحراري

THE WIEDEMANN - FRANZ LAW OF CONDUCTIVITY

ألمانيا، 1853

يتناسب حاصل قسمة توصيل الفلزات للحرارة على توصيلها للكهربائية مع درجة حرارتها.

محاور ذات علاقة:

قانون ويدمان – فرانز – لورنز (WIEDEMANN–FRANZ–LORENZ)، وقانون فورييه للتوصيل الحراري (FOURIER'S LAW OF HEAT CONDUCTIVITY)

من أحداث عام (1853):

– أكمل البريطاني (وليم شانكس – William Shanks) حساباته لنسبه الدائرة الثابتة (باي –π) إلى(607) مرتبة عشرية، وتمكن كذلك بعد مرور عشرين عاما من نشر تكملة حساباته إلى (707) مرتبة. ومن المدهش أنه بإعادة حساب ما قام به (شانكس) في الأربعينات من القرن الماضي تبين خطؤه في المرحلة الثامنة والعشرين بعد الخمسمئة (528)، مما يُفضي بديهيا إلى خطأ كافة المراتب بعدها.

– وافقت الولايات المتحدة الأمريكية في هذا العام على شراء (29640) ميلا مربعا أي ما يساوي (76770) كيلومتر مربع من الأراضي المكسيكية وذلك بصفقة مهد لها وزيرها إلى المكسيك آنذاك وهو جيمس كادزدن (James Gadsden) بلغت قيمتها (10) ملايين دولار أمريكي وعرفت تاريخيا باسم (صفقة كادزدن) وشملت شراء الأراضي المكسيكية التي تقع اليوم ضمن حدود ولايتي أريزونا الجنوبية ونيومكسيكو الأمريكيتين.

نص القانون وشرحه:

ينص (**قانون ويدمان – فرانز**) على: تناسب حاصل قسمة التوصيل الحراري(k) لأي فلز

على توصيله الكهربي [(رو- σ)] مع درجة حرارته المطلقة (T).

$$\frac{K}{\sigma} = LT$$

ويعرف ثابت التناسب (L) برقم لورنز نسبة إلى:

الرياضي والفيزيائي الدنماركي [لودوك لورنز (1829-1891) Ludwig Lorenz] والذي برع في أبحاثه في هذا المجال.

وبالإمكان اشتقاق (رقم لورنز) من العلاقة التالية:

$$L = \frac{\pi^2}{3}\left(\frac{k}{e}\right)^2$$

والذي يساوي

$2.45 \times 10^{-8}\ W{\cdot}\Omega/K^2$

حيث تمثل (e) وحدة الشحنة التي يحملها الإلكترون و(k) هو ثابت بولتزمن (Bolsrman Coustant).

ثبتت صلاحية تطبيق هذا القانون في مجال محدود من درجات الحرارة ونسب إلى الفيزيائي الألماني (كوستاف ويدمان- Gustav Wiedmann) ومساعده (رودولف فرانز - - Rudolf Franz) بعدما نشرا نتائجهما التي أكدت ثبوت قيمة (K/σ) لمختلف الفلزات في ذات الدرجة الحرارية. ولما تمكن (**لورنز**) في عام (1872) من تجربة، ومناقشة، وإثبات حقيقة تغيير قيمة (K/σ) كدالة مع الحرارة صار هذا القانون يسمى بـ(قانون ويدمان - فرانز - لورنز).

الجدول رقم(9) ويبين معاملات التوصيل الحراري لبعض المواد المعروفة:

المادة	معامل التوصيل الحراري [(W/(m.k)]
الفضة	406.0
النحاس	385.0
الألومنيوم	205.0
الكونكريت (الخراسانة)	0.8
الستايروفوم (العازل الرغوي)	0.01

لا غرابـة في تعاملنا خلال مختلف نشاطاتنا اليومية مع العديد والعديد من مختلف تطبيقات التوصيـل الحراري ؛ فمن منا – مثـلا – لم تلذعه حرارة ملعقة الشـاي المعدنية الصغيرة عند تركهـا فيه وهو ساخن؟ ومن منا لم يفضل التقاط ملعقـة الشاي ذات المقبض الخشبي العازل للحرارة؟ فبالنظر لضعف توصيل الخشب للحرارة فهو يستعمل في صناعة المقابض لكافة آنية وأدوات المطبخ من قدور وملاعق كبيرة وغيرها (وإن صار استبدال الخشب اليوم بالبلاستك أكـثر شيوعا فذلك يعود لجمالية الأخير وسهولة تشكيله ورخص ثمنه)، ثم من منا لم يلاحظ (في أيـام الشتاء القارصة) بـرودة قطعة النقود المعدنية عند التقاطها مـن على سطح الأرض مقارنـة بقطعة خشب مثلا؟ وتفسير ذلك يعـود إلى سرعة فقدان القطعة المعدنية لحرارتها في الطقس البارد مقارنة بقطعة الخشب. ومن الجدير بالذكر أن للمواد الموصلة المختلفة (كالفضة والألومنيوم) معاملات توصيل حراري مختلفة، ويبين لنا الجدول رقم (9) معاملات التوصيل الحراري لبعض المواد المعروفة.

تعتمـد كافة المواد المعروفة بتوصيلهـا للحرارة والكهربائية على فائض من الإلكترونات حرة الحركة في بنائها الجزيئي وهذا العدد يختلف باختلاف المواد، فالمواد الموصلة (كالمعادن والفلـزات) غالبـا مـا تحتوي على فائض كبير من الإلكترونـات على عكس المـواد العازلة كالخشـب والبلاستيك والمطاط فمن المعروف أن الكيان البلـوري للمعادن والفلزات يتمتع (رغـم صلابتها) بهامش حركة ترددية تحددها نـوع الأواصر الإلكترونية بين جزيئاتها وقوة الربـط بينها، فعنـد تسخين أي معدن تزداد حركة جزيئاتـه وتذبذبها (حتى وان حافظ على شكلـه الخارجـي) بفعل الطاقة المكتسبة من المصـدر الحراري، الأمر الـذي يدفع عددا أكبر من إلكتروناتـه إلى الانفلات من قبضة أواصره وتجولها حرة ضمن كيان المادة الموصلة. هذه الإلكترونـات حـرة الحركة هي المسؤولة عن زيادة توصيل مادة مـا للحرارة المسلطة عليها. ومـن ناحية أخرى ولما كانت حركة الإلكترونات الحرة السريعة لإيصال الحرارة تتعارض مع مسار الكهربائية (والتي هي بدورها عبارة عن سيل من الإلكترونات السريعة) وتتصادم معها فلهـذا تنخفض قابلية توصيل المعادن للكهربائية عند ارتفـاع حرارتها. تعتبر نسبة التوصيل

الحراري إلى التوصيل الكهربائي لأي مادة (موصلة) ثابتة في درجة حرارة معينة ثابتة، والمواد جيدة التوصيل للحرارة غالبا ما تكون جيدة التوصيل للكهربائية.

كانت القناعة الشاملة بتطبيقات **(قانون ويدمان - فرانز)** على كل المعادن سارية حتى عام (2001) حينما أثبتت تجارب وأبحاث (جامعة تورونتو) عدم انصياع نوع جديد من (أوكسيد النحاس) لهذا القانون عند خفض درجة حرارته، الأمر الذي فتح أبوابا نظرية وتجريبية واسعة لتفسير ودراسة هذه الظاهرة والتي تنبأت بجهد ذهني ومعملي مضن ينتظر العلماء والباحثين لتفسيرها... ولم يقتصر الجهد والدهشة على ما سبق، إذ إن اكتشاف أصناف متجددة من المواد والموصلات (ومن النوع الذي لم يكن ويدمان وفرانز ليحلما بها) أضاف تحديات متجددة وأسئلة محيرة حول صمود قانونيهما في تصديه لتفسير تصرف هذه المواد.

ولتوضيح ما سبق دعني أقتبس لك الفقرة التالية من البحث الموسوم (تأثير بلتيه - Peltier - اللاخطي والتوصيل الحراري في الأسلاك النانوية)[1] الذي يبين ضرورة أخذ تاثير فيزياء الكم بالحسبان عند تجربة واستخدام أسلاك متناهية الصغر ذوات مقاطع بتلك القياسات لنقل الحرارة و/ أو الكهربائية. ووجدنا بالتجربة أن قانون ويدمان - فرانز (والذي يفسر بدقة التوصيل الحراري والكهربي عند نقاط التوصيل المعتادة) لم يعد كافيا لتفسيرها عند أخذ البعد الكمي[2] الفراغي (3D) بنظر الاعتبار، فهنا لابد من أخذ مبدأ الاحتمالية (Probability) [3] بالحسبان عند اشداد الارتباط بين مستويات الطاقة الهائلة مع كثرة الاحتمالات في أوجه توصيلها خلال مثل تلك الأسلاك فائقة الدقة والصغر. تؤكد هذه الفرضية - في المقابل - انتفاء الحاجة إلى وضع (التأثير الكميمي) بالحسبان عند التعامل مع الأسلاك الكبيرة نسبيا خارج النطاق النانوي حيث يضعف ويختفي **(التأثير**

(1) النانو: وحدة قياس متناهية في الصغر وتساوي جزءاً من بليون جزء من المتر، أي (1 / 1 000 000 000)م. (المترجم).
(Nonlinear Peltier Effect and Thermoconductance in Nanowires)

(2) ميكانيك الكم (أو الكميم): تضم مجموعة المبادئ والنظريات التي تحكم الأجسام على المستوى الذري وما دون الذري من ناحية تصرفاتها الفيزيائية وخصائصها. (المترجم).

(3) مبدأ الاحتمالات: Probability Principle: هو حقل الرياضيات المعني بتحليل ودراسة الظواهر العشوائية. (المترجم).

الكمـي) بطبيعة الحال كما في حياتنا اليومية بأبعادهـــا الاعتياديـــة. بعبارة أدق: يبرز التأثير الكمـي أو الكميمي (ومن ثـم يستوجب ضرورة إدخال حساب الكـم بنظر الاعتبار) عند التجربـة واستخدام الأسلاك متناهية الدقة والصغـر - أي تلك التـي تقـارب أبعادها نصف قطــر الإلكترون[1] ومـا دون حيث يظهر تأثير النفـق (Tunnel Effect)[2] جليـا علـى احتمـالات التوصيـل وانتقـال الحـرارة والكهربائيـة، أو عند اشتداد خاصيـة توزيع فرمي (Fermi Distribution)[3] عند درجات الحرارة القريبة من درجة الصفر المطلق.

للفضوليين فقط:

• امتـازت عائلـة (ويدمـان) بجذور عبقرية فريـدة تعود إلى الجذوة المتميـزة في أصول تلـك العائلـة الفذة (!) فلقـد اشتهـر الأب باكتشافه لقانـون (ويدمان - فرانـز) إضافة إلى منصبـه كأستاذ بـارع في الكيمياء الفيزيائيـة بجامعة لايبـزك (Leipzig)، واشتهر جدهم

(1) نصف قطر الإلكترون: ويسمى أيضاً بـ(نصف قطر لورنز - Rorentz Radins) أو بـ(طـول تشتت تومســون - Thomson Scattering Length) ويسـاوي [(58) 2.8179402894 مضروباً بـ 10 مرفوعة إلى الأس السالب 15) متراً] ويحسب عادة بطريقة (نسبية) كلاسيكية (غير كميمية) حسب المعادلة:

$$r = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 m_e c^2} \cdot \frac{e^2}{m_e c^2}$$

حيـث (e) هـي مقدار شحنـة الإلكترون، و(me) هي كتله، و(c) معـدل سرعة الضوء في الفراغ، و(ε_0) مقـدار (عدم الممانعة - Permittivity) لتوليد الشحنة الكهربائية في الفراغ الحر. (المترجم).

(2) تأثـير النفق: Tunnel Effect: ظاهـرة نانوية تشذ فيها الجزيئات والجسيمات عن قوانـين المكانيك الكلاسيكية باجتيازها حواجز افتراضية أو مجالات ذوات طاقة حركية أعلى من تلك التي تملكها تلك الجزيئة أو الجسيم. (المترجم).

(3) Fermi Distribution - وقـد يسمى (The Fermi - Dirac Statistics)) ؛ وهوذلك الجزء من (العلوم الفيزيائية) المختص بتوصيف طاقات الجسيمـات المفردة ضمن الأنظمـة التـي تضـم العديد من تلـك الجسيمات المتشابهة والتي تنصاع لـ (مبدأ إقصاء باولي - Pauli Exclusion). اشتـق اسـم هـذا التوزيـع مـن اسمي العالمين [انريكو فرمي - Anrico Fermi (1901-1954))] و [بـول ديـراك - Paul Dirac (1902-1984)]. يختـص هـذا التوزيع بتوصيـف الجسيمات المتطابقة والحاوية على (نصف العدد الصحيح من مواصفات اللف (Half - Integer Spin) في النظم المتناسقة حرارياً.

يتخـذ (توزيـع فرمي وديراك) شـكل المعادلة التاليـة لنظـام مكـون من (فيرميونـات) متماثلة، حيث يُمثـل (n_i) حالة معدل عدد الفيرميونات الموجودة ضمن (حالة جزيئية مفردة) وكما يلي:

$$\bar{n}_i = \left[(\varepsilon_i - \mu)/kT \right]_{+1}$$

حيـث يمثـل k - ثابـت بولتزمن و T - درجة الحرارة المطلقة. و ε_i - مقدار طاقة حالة حالـة الجسيمة الواحدة و μ - قيمة الكامن الكيمياني. (المترجم).

لأمهـم [الهـارد متشرلـخ (Elhard Mitscherlich (1794–1863] بأبحاثه الرائعة حـول التناظر في التراكيب الكيمياويـة والتماثل في الكيان البلوري للمـواد، أما الأم كلارا (Clara) فقـد ساهمـت في ترجمة العمل الخالـد للفيلسوف الطبيعـي (أيرلندي الأصل) [جون تندل (John Tyndall (1820 – 1893] والموسوم – الحرارة كنموذج للحركة – (Heat as a Model of Motion) إلى الألمانية.

• كتبت الموسوعة البريطانية طبعة عام (1911) عنه ما يلي:

(ظلـت حسابات التوصيل الحراري للفلزات المختلفة التي قام (ويدمان) بها فعالة وموثوقة لفترة طويلة من الزمن يعتمدها الفيزيائيون في تجاربهم، أما قابليته الفذة وإبداعه في الأبحاث الكمية ودقته في تسجيلهـا فقد برزت جليا في تفسـيره لوحدة الأوم[1] بدلالة المقاومة النوعية لسائل الزنبق، كما أدت تجاربه الفذة فـي حقـل المغناطيسية إلى اكتشاف العديـد من الظواهر. فعلى سبيل المثال لا الحصر، قام عالمنـا الجليل بالعديد من الدراسات التي تتعلق بتأثير جهد الشد الميكانيكي المسلط على المعادن وتأثـير ذلك على خواصهـا المغناطيسية إضافة إلى دراسة علاقة التركيـب الكيميائي للمواد المعقدة بتلك الخواص، كما وحاول إثبات أوجه التماثل الملفتة للنظر بين قوانين العزوم والمغناطيسية).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

[كوستـاف ويدمـان (Custav Wiedemann (1826 – 1899] فيزيائـي ألمـاني اشتهـر بدراساتـه المتعلقة بالتوصيل الحـراري والكهربائي في الفلـزات وبأبحاثه في المجال الكهرومغناطيسي.

ولد في مدينة برلين (Berlin) الألمانية في عام (1826) ونشأ يتيم الأب إذ سرعان ما وافت المنية والده ولم يبلغ هو الثانية من عمره. كتبت دورية (مقدمات الجمعية الملكية) الصادرة في لندن نادبة حظ هذا العبقري العاثر الذي لم يمهله القدر كثيرا حتى وافت والدته أجلها المحتوم

(1) الأوم: Ohm – هي الوحدة العالمية (Ω) للمقاومة الكهربائية وتعرف بمقدار مقاومة موصل الكهربائية إذا ما وضع بين فرق جهد كهربائي مقدارهُ (فولتاً) واحداً، أنتج (امبيراً) واحدا من التيار.

وهو على أعتاب عامه الثاني عشر.

كان أثــر يتــم (كوستاف) المبكر على جوهر حياته وبنــاء شخصيته بينا للغاية حيث اضطر إلى الاعتمــاد علــى ذاته وجاهد في سبيل تنميــة قدراته وقابلياته ذاتيا وامتــدت إليه يد القدر (شأنهــا مع معظم العظمــاء والعباقرة) رأفة به ورحمة بحاله فقيضت لــه صديقا وفيا أحاطه بعنايته، وحرص على توفير الفرص المناسبة لحصوله على الثقافة العلمية الكلاسيكية المعروفــة فـــي ذلك الزمــان. ولعل سر ولعه المفرط فـي دراســـة الفيزيـاء وشغفه الشديد بها يعود إلى تعلقه ولسنوات عدة خلال دراستــه فــي كولون جمنيزيوم (Cologne Gymnasium) بأستــاذه فــي مادة الفيزيــاء وهـــو توماس سيبيك (Thomas Seebeck).

شرع (ويدمان) بدراسته للطبيعيات في جامعة برلــين في عام (1844) وحاز على شهادة الدكتــوراه منهــا في عام (1847) عــن أطروحته حول مادة البايوريــت (Biuret)[1]. كما حاضر في مختلف مواضيع الفيزياء في الجامعة وأنجز بعض البحوث المتعلقة باستقطاب الضوء. تــزوج في عام (1851) من ابنة الكيميائي الألماني (الهارد متشرلخ) ورزق منها بولدين. هذا وقــد نشأ الأكبر (واسمه ولهــارد كاسم جده) ليصبح فيزيائيا ومؤرخــا للعلوم ووفق ما جاء في كتــاب نيوتــن هارفي (لمحة عن تاريــخ ظاهرة اللمعــان E. Newton Harvey's: A History of Luminescence) فقد نشر (ولهارد) هذا في عام (1880) بحثه الموسوم (حول سبل حساب الضغط على سطح الشمس والنجوم وبعض الملاحظات حول القياسات الطيفيــة الضوئية)، وكان عــام (1888) قد شهد صياغة (ولهــارد) - ولأول مرة في تاريخ الفيزياء - مصطلح اللمعان (Luminescence)[2].

أما الابن الأصغر (الفريد Alfred) فقد اختص (بعلم المصريات) وبرع فيه إلى درجة مكنته

(1) البايوريــت: مادة بيضاء بلورية نتروجينية التركيب رمزها الكيمياوي ($C_2 O_2 N_3 H_5$) تحضر بتسخين مادة البولينا - اليوريا - المعروفة بجوهر البول وهي المادة النهائية الناتجة لتحلل المواد الزلالية في الجسم. (المترجم).

(2) اللمعــان: وهي ظاهرة الإضاءة الذاتية لجسم بارد وقد تنتج عــن التفاعلات الكيميائية أو الطاقة الكهربائية أو الإجهاد المسلط علــى أنــواع من البلورات، وبذلك يختلف اللمعان عــن التوهج (Incandiescence) وهي ظاهرة إشعــاع جسم لضوء إثر رفع درجة حرارته. (المترجم).

مـن تأليف كتاب جامع شامل ومرجع مرموق في إثبات الدور المحوري الذي لعبه الدين في حيـاة مصر القديمة. وبالعـودة إلى حيـاة (ويدمـان) الأب نجـده قـد تسنم في عـام (1864) منصـب الأستاذيـة فـي الفيزيـاء بجامعـة بـال (Basel) السويسريـة وشغل خلال عام (1871) منصـب الأستـاذ الأول في الكيمياء الفيزيائيـة (**بجامعـة لايبـزك**) فـي ألمانيا، كما شهـد عام (1877) تتويجه محررا لدورية حوليـات الكيمياء والفيزياء المرموقة (Annalen der Physik Unel Chemie).

لقد تمحورت اهتمامات (ويدمـان) حول الدراسات المتعلقة بتوصيل الفلزات للكهربائية وتأثير التيارات الكهربائية في دوران مستويات الضوء المستقطب وتوصيل الفلزات للحرارة، كما بلغ ذروة نجاحه وتكللت جهوده بالظفر حينما توصل مع مساعده (رودولف فرانز) في عام (1853) إلى اكتشاف قانون التوصيل (موضوع هذا البحث) والذي نص على **تناسب توصيـل الفلـزات للكهربائية مع توصـيلها للحرارة عنـد درجة حرارة معينة**، هـذا وتنوعت أعمال ويدمان لاحقا وتشعبت حتى شملت مجالات واسعة وحقولاً شتى مثل:

- تأثير شدة التيار الكهربائي على الضغط التنافذي.
- تأثير الحرارة على درجة مغنطة الحديد والصلب.
- المغناطيسية في المركبات الكيمياوية.
- الضغط البخاري للأملاح المتميعة.
- بنـاء الكالفانومـترات الجديدة - وهـي آلات تستعمل لاكتشاف وقياس وبيان اتجاه التيارات الكهربائية الضئيلة.

ولعل أعظم أعماله كان كتابه المعروف بكتاب (الكلفنة) والذي ألفه ما بين عامي (1861-1863) واسمه بالألمانية هو (Die Leher ven Galvanismus) والذي لخص فيه ببراعة تامة كل ما كان معروفـا عن الكلفنة (وهو علم دراسة التيار الكهربائي المستمر وتأثيراته) حيث صدر أول الأمر تحت عنوان مطول هو:

Die Lehre vom Galvanismus und Elektromagnetismus nebst)

Technischen Anwedungen) والـذي اختصـر إلى العنوان المذكور آنفا. وهنا لابد من التفاتة إلى مساعد (ويدمان) الفذ وهو (رودولف فرانز)، فمن الجدير بالذكر أن المعلومات المتوفرة عن هذا الشخص والذي اقترن اسمه باسم (ويدمان) في القانون شحيحة جدا فلا يكاد يذكـر اسمه إلا في قلة قليلة من الموسوعات العلميـة، فيما لايزال تاريخ ميلاده مجهولا. (وهنا يرحب المؤلف بأي معلومات تميط اللثام عن سيرة هذا العالم الفذ الجليل، والمجهول حقا).

وافـت المنية ويدمان في عـام (1899) ونشر نعيه في دورية (المراجعـة الفيزيائية Physical Review) وفي هذا النعي ظهرت جليةً براعة هذا العالم كباحث أصيل ومحاضر فذ وقد جاء فيه:

((إن خير ما توصـف به محاضرات الأسـتاذ (ويدمان) عن عناصر الفيزياء وخصـائص الكيمياء (إضافة إلى مميزاته الأخرى) هي البسـاطة والوضوح إضافة إلى قابليته الفذة في سلاسة السرد ووضوح الرؤيا!.. مَلك نواصي العديد الجم من أمهات تجارب النصف الأول مـن هذا القرن فهماً وتمحيصـاً، كما مَلك ثروة علميـة تاريخية جمة مكنته من إضـافة القيم التاريخية إضـافة إلى القيمة العلمية لكل موضوع كان يحاضر عنه. عالج (ويدمان) الفيزياء ببراعة الكيميائي الضليع قبل أن يعالجها من منطلق الرياضي المنحاز، كمـا امتازت معالجته للكيمياء بالنظر إليها مـن خلال عيني الفيزيائي المجرب فجاءت معالجته لكلا الموضوعين جادة بارعة ومنقطعة النظير)).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Bogachek, F. N., A. G. Scherbakov, and Uzi Landman, "Nonlinear Peltier Effect and Thermoconductance in Nanowires," *Physical Review* B, 60(15): 678-682, October 15, 1999.

Harvey, E. Newton, *A History of Luminescence from the Earliest Times until 1900* (Philadelphia: American Philosophical Society, 1957).

Körber, Hans-Günther, "Gustave Wiedemann," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

"Wiedemann Obituary," *Physical Review* (Series I), 9: 57–58, July 1899.

"Wiedemann Obituary," *Proceedings of the Royal Society of London*, 75: 41–42 1905.

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• خلقت أدمغتنا وتطورت لتساعدنا على تحديد الأخطار والابتعاد عنها ولتوقع الأمطار والاستتار منها ومعرفة الحدود والعوائق وتجاوزها ولم تخلق وتتطور لإدراك معنى البلايين والمليارات من الأرقام ولا لتصور ما يعنيه البعد الواحد بعد المئة ألف!

رولاند كراهام
quoted in Paul Hoffman's ‹The Man Who Loves only Numbers› Atlantic Monthly، 1987
مقتطف من اقتباس له من مقالة بعنوان (الرجل الذي لم يعشق سوى الأرقام) لبول هوفمن.

• نعم لا أشك أن هناك المزيد والمزيد من القوانين التي لاتزال تنتظرنا لاكتشافها، فلايزال أمامنا اكتشاف القانون الموحد للجاذبية والكم مع قوى الكون الأخرى. ولكنني أكاد أجزم بأننا ولأول مرة في التاريخ نملك بين أيدينا من القوانين ما يكفي لتفسير التجارب التي قمنا بها ولحد اليوم.

لي سمولن
Lee Smolin، Never Say Always، New Sciantist. Sept، 23. 2006.
مقتطف من مقالته (لا تقل دائماً أبداً).

• إذا تمكنا من (فهم) كل ما في الكون فإما أن نكون (خارقي) الذكاء بشكل استثنائي أو أن مبادئ الكون وقوانينه (بسيطة) للغاية! فإذا وافقتني بأني وأنت لا نحمل إلا (قردة) تحمل ما يقارب الكيلوغرام الواحد من (العصيدة) ما بين آذاننا، أفلا توافقني بأهلية الاحتمال الثاني؟.

فنسنت ايك
Vincent Icke، The Force of Summary
مقتطف من كتابه (قوة الاختزال).

• إن الحكمة وراء حقيقة القوانين الكونية الأساسية واضحة: هي لا تحكم تصرف الأجسام والأجرام في الواقع وإنما تحكمها في الحساب والمعادلات.

نانسي كاترايت
Nancy Cartwright، How The Laws of Physics Lie
مقتطف من كتابها (كيف نكشف كذب قوانين الفيزياء).

قانون فك للانتشار

FICK'S LAW OF DIFFUSION

ألمانيا، 1855

تزداد سرعة انتشار المواد بازدياد فارق التركيز بينها.

مصادر ذوات علاقة:

مبدأ (فك) لفسجلة القلب (FICK'S PRINCIPLE IN THE FIELD OF CARDIAC PHYSIOLOGY).

من أحـــداث عـــــام 1855:

- تحصـــل الكيميائي الفرنسي (جورج اودمارس- George Audemars) على أول براءة اختراع للثقاب الأمين (Safety Matches) في السويد (وهو الذي لا يتقد عوده إلا بعد فركه بسطح مطلي بمادة كيمياوية خاصة).

- ربط خط قطار بنما، ولأول مرة المحيط الأطلسي بالهادي.

- توفي في هذا العام الرياضي الألماني الفذ (كارل فردريك كاوس- Carl Friedrich Gauss).

نص القانون وشرحه:

يعنـي قانون فـك بالانتشار والتنافذ كطريقة لانتقال المواد في السوائـل ويعرف التنافذ بأنه الطريقة الفيزيائية التي تنتشر بموجبها جزيئات مادة ما ذاتيا خلال وسطها وبالأخص ذلك الانتشار الذي يعني بحركة تلك الجزيئات من مجال تركيزها الأعلى إلى الأدنى. ويعتبر انتشار نقطة من الحبر عند صبها فوق سطح إناء من الماء مثالا بسيطا لذلك، حيث تنتشر جزيئات الحبر خلال جزيئات الماء بمرور الوقت.

دعنـا نتصور مساحة خيالية معينة (ولنجعلها سنتيمراً مربعـاً واحداً) في المستوى (ص، ع) وقـد مست المحور السينـي في نقطة عليه ونرمز لهـا بالخط المستقيـم (أ ب)، والآن بإمكاننا تصـور هذا السطح وكأنه حاجز خفي حرفه على المستـوى السيني باتجاه المحورين (ص، ع)

وقـد وضعـت نقطة حبر على أحد جانبيه. تعـرف الانتشاريـة (Flux، Jx) بانها كمية المادة الخالصة المنشرة خلال وحدة تلـك المساحة في وحدة الزمن وبالاتجاه السيني، وللـ (انتشارية) وحدة قياس خاصة بها هي عدد الأوزان المعيارية (للمادة)/ سنتيمتر مربع مضروبا بالثانية. تبلغ قيمـة الانتشاريـة صفرا ($Jx = 0$) متى ما اختفى الفرق، ومتى ما تساوى تركيز جزيئات الحبر خلال كافة نقاط السائل على جهتي الحاجز الافتراضي السابق، عندها يقال إن الحبر قد (مازج السائـل) بانتظام في كافة أجزائه بمعنى توقع وجود عدد متماثل تماما من جزيئات الحبر منتشرة خلال عدد متماثل من جزيئات الماء على جهتي حاجزنا الخيالي (وهو الخط المستقيم السابق- أ ب -) وهنا يتساوى عبور عدد جزيئات الحبر عبر هذا الحاجز من اليسار إلى اليمين ومن اليمين إلى اليسار ويصبح انتشار جزيئات الحبر في إناء الماء كاملا. وإذا شئنا وضع التصور أعلاه ضمن الإطـار الرياضي فسنفترض قيمة حقيقية (للانتشارية) أي ($J x > 0$) في الاتجاه السيني. والآن دعنـا نفترض وجود حبر (اكثر) علـى يمين الخط الخيالي المستقيم مقارنة بيساره، هنا سيتصرف تركيز الحبر كداله للاتجاه السيني بمعنى ($dc/dx>0$) فنتوقع (استنادا لتواجد جزيئات حبر أكثر في وحدة الحجم على يمين الخط الحاجز منها على يساره) أن يجتاز عدد أكبر من جزيئات الحبر حاجزنـا الخيالي في وحـدة زمنية معينة من اليمين إلى اليسار وليـس العكس. وهذا ما يحدث فعلا، أي تنتقل جزيئات الحبر بالاتجاه المعلوم من المناطق الأكثر إلى المنطقة الأقل تركيزا به.

قانون انتشار فك الأول:

(Fick's First Law of Diffusion)

ينص قانون انتشار (فـك) الأول: على زيادة صافي فيض (Flux) انتشار مادة ما (Jx) خلال أخرى بزيادة تركيزها النسبي (dc/dx)، بمعنى:

$$J_x = -D\frac{dc}{dx}$$

حيث (D) هو ثابت التناسب ويسمى بمعامل الانتشار [فمثلا يبلغ معامل انتشار مادة زلال العضلات في الماء بدرجة (20 مئوية) 11.3× (10مرفوعة إلى الأس السالب السابع) سنتيمترا

مربعا / ثانية، وتمثل العلامة السالبة في المعادلة السابقة حقيقة أن الانتقال بالانتشار لا بد أن يتم باتجـاه معاكس للتركيز النسبي لأي مـادة، وتقاس (D) بوحدات السنتيمـتر المربع/ ثانية. أما وحدة قياس التركيز النسبي (dc/dx) فهي بوحدة الأوزان المعيارية المكافئة/ سنتيمتر – مرفوعا للقوة الرابعة]. وهنا لابد لنا من ملاحظة حقيقة اعتماد سرعة انتشار مادة ما على فارق التركيز بـين نقطتيها وهذه السرعة التي يعبر عنها بـ (dc/dx) للحبر هـي ذاتها عبارة عن دالة للزمن، بمعنـى إذا ما تركنـا الوقت يمر على سجيته فلابد للمحلول ككل أن يبلغ تجانسه (بمعنى تساوي تركيـز المـادة المضافة خلال كافة جزيئات الماء في الكأس) بعد مـرور زمن معين، وهنا لا بد أن تبلغ (dc/dx) نهايتها بأن تصبح صفرا (dc/dx = 0). وغالبا ما يكتب القانون السابق بدلالة الزمن (t) أو خلال جزء محدد منه. ولقد قام العلماء بالكثير من التجارب والملاحظات لاختبار **(قانون انتشار فك الأول)** هذا للتأكد من مصداقيته وإليك المثال البسيط التالي:

خذ زجاجة أسطوانية الشكل قطرها (10 سنتيمترات) واملأها بسائل يحتوي على مادة مذابة بحيث يتناقص تركيزها (أي تنتشر) خطيا على طول محور الأسطوانة، وليكن معامل انتشار المادة المضافة (D) مساويا لـ [4 x   (10مرفوعـة إلى الأس السالب الخامس) سنتيمتر تربيع/ ثانية]، فـإذا افترضنا أن تركيز المادة المضافة (المذابة) عند سطح إحدى نهايتي الأسطوانة يساوي (وزنا معياريـا مكافأ واحدا/ ديسمتر مكعـب) وعند النهاية الأخرى يسـاوي (نصف وزن معياري مكافـئ / ديسمتر مكعب) وتفصل بين النقطتين مسافة مقدارهـا (10 سنتيمترات). جد قيمة فيض انتشار المادة المضافة المذابة في المادة المذيبة إذا علمت أن انتشارها يتم بصورة متجانسة.

لحـل هذه المسألة نفترض وجـود النقطة الأولى على بعد (x) فتكـون المسافة التي تفصلها عن النقطة الثانية هي(x + 10 سنتيمترات) والآن ستكون المسافة الفاصلة بين النقطتين هي(0.1 متر).

يبلغ مقدار التغير في التركيز:

$$c(x_2) - c(x_1) = 0.5\ mol/dm^3 - 1.0\ mol/dm^3$$

$$= -0.5\ mol/dm^3$$

$$or = -500\ mol/m^3$$

ويبلغ مقدار التغير في المسافة:

$x_2 - x_1 = 10$ cm or 0.1 m

وعليه فإن قيمة (dc/dx) التقريبية

$dc/dx = -(500\ mol/m^3)/(0.1\ m) = -5،000\ mol/m^4$

وعليه فإن القيمة التقريبية لفرق التركيز ستكون (5000) وزن معياري مكافئ/متر (مرفوعاً للقوة الرابعة).

ولما كانت قيمة معامل انتشار المادة المذابة المضافة [D = 4 × (10 مرفوعة إلى الأس السالب الخامس)] ثا/ سم^2. وتضرب في (100سم / 1م × 100سم/1م × ثا/ سم^2) لتحويلها إلى وحدات ثا/ متر مربع.

وبتطبيق القانون

$$J_x = -D\frac{dc}{dx}$$

نحصل على قيمة انتشار المادة (Jx)

$$Jx = -(4 \times 10^{-9} m^2/s)(-5 \times 10^{-3}\ mol/m^4) = 2.0 \times 10^{-5}\ mol/(m^2 \cdot s)$$

مقاسة بوحدات (الأوزان المعيارية المكافئة/ متر تربيع x ثانية)

قانون انتشار فك الثاني:

(Fick's Second Law of Diffusion)

يفسر (قانون انتشار فك الثاني) كيفية تغيير انتشار التراكيز المختلفة لمادة معينة خلال وسط ما مع الزمن. ولتوضيح ذلك دعني أعود قليلا (لقانون انتشار فك الأول) الذي ينص على تساوي فيض انتشار أي مادة (Jx) في كل اتجاهات وسط معين إذا تجانس تركيز المادة المضافة (جزيئات قطرة الحبر كما في مثالنا السابق) وثبتت قيمة (dc/dx) لكافة قيم (x) ولهذا سيكون تركيزها (c) ثابتا مع الزمن، وبعبارة أوضح: سيكون فيض انتشار المادة (الحبر في الماء) في أية وحدة من وحدات حجم مادة الوسط ومن أية جهة من اتجاهاته مساوياً لفيض

انتشارها من جهته الأخرى إذا ما بلغ (الحبر) مرحلة الاستقرار والتجانس مع (الماء).

إذا حدث ولم يكن تركيز المادة المضافة ثابتا في كامل حجم مادة الوسط كما في حالة إدخال عدة نقاط من الحبر – مختلفة التراكيز – في ذات الوقت إليه، عند ذاك سيخضع تصرف المادة المضافة وانتشارها في مادة الوسط (لقانون انتشار فك الثاني) والذي ينص رياضيا على:

$$\left(\frac{\partial c}{\partial t}\right)_x \quad D\left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2}\right)_t$$

حيث $(\partial c/\partial t)x$ هو تغيير تركيز المادة في نقطة (x) مع الزمن، وهنا لابد من الإشارة إلى افتراض ثبات معامل انتشار المادة (D) وعدم تأثره بتغير التركيز. وهنا يمكن اشتقاق (D) باستعمال أي من (قانوني فك الأول أو الثاني) ولكن يفضل استعمال الثاني بالنظر لصعوبة قياس (Jx) عند وجود تراكيز مختلفة في أماكن متباينة من مادة الوسط.

يعتبر (قانون انتشار فك الثاني) من القوانين العامة الشاملة ذات التطبيقات المتعددة في مختلف المجالات حيث يفسر (ادوارد ل. كوسلر – Edward L. Cussler) في كتابه (قانون فك الثاني – تفسير الانتشار لمن لا يفهم) (Edward L. Cussler – Fick's Second Law or Diffusion for Dummies) قائلا:

((بإمكاننا استخدام هذا القانون للتنبؤ بالتفاعلات الحسية الفسيولوجية وكيفية تفسير الدماغ (للحلاوة النسبية) عند تناول المشروبات والعصائر وذلك باعتبار اعتماد مقدار الإحساس بالحلاوة على تركيز المادة السكرية المنقولة من سائل معين إلى سطح اللسان المغطى بنهايات البراعم الحسية للتذوق، كما بالإمكان تفسير انتشار مادة الفرمون(Fermon)[1] التي تفرزها إحدى أنواع النمل عند تعرضها للخطر أو حين عثورها على الغذاء وكيفية انتقال هذه المادة إلى بقية النمل في الجوار كوسيلة من وسائل التحضير أو الجذب للاتصال بين الحشرات باعتماد معامل انتشار عال جدا لتلك المادة)).

(1) Fermons – يعتقد أنها عائلة من (أشباه الهرمونات) تمتاز بفعاليتها العالية وهي مواد متطايرة قد تستعملها بعض الحيوانات والحشرات كواسطة للاتصال وتبادل المعلومات. (المترجم).

ومن أمثلة الاستخدامات الأخرى لهذا القانون كذلك كان التنبوء بكيفية انتشار القارض المائي المعروف باسم (المسكرات – Muskrat)[1] بصورة وبائية في أوربا عام (1905) إثر حادث إطلاقه العفوي إلى مجاري الأنهار. وفي التعرف على أسلوب انتشار المواد الملوثة المتطايرة (أو مساحيقها) وانتشار الغازات السامة في السيناريوهات المماثلة للحروب البيولوجية والكيمياوية، كما استعمل كذلك لتصور انتشار مجاميع (الصيد والجمع) البشرية إلى بقاع الأرض المجاورة في العصر الحجري القديم. ومن الجدير بالذكر إمكانية تطبيق هذا القانون على تصرف كافة المواد الصلبة والسائلة والغازية وحتى على التجمعات البشرية فقد أمكن خلال بعض التجارب من استخدامه لحساب تراكيز غاز ثاني أوكسيد الكربون (وبالتالي حساب الدلالة لمقدار المادة السكرية المصنوعة) في مختلف أجزاء أوراق النبات خلال عملية التركيب الضوئي المعروفة[2]

وإذا استرسلنا في ضرب الأمثلة صار بإمكاننا استخدامه لدراسة طريقة انتشار الرادون[3] في الهواء عقب إجراء التجارب وإحداث الانفجارات الذرية، والمواد الهيدروكربونية (كالبترول عند غرق ناقلاته) في مياه البحار أو خلال التربة عند حدوث انفجار آبار النفط. ولقد تمكن العلماء المختصون واستفادوا فعلاً من وضعهم لسيناريوهات تكاد تكون كاملة لما يمكن أن يحدث عند توقع التلوث بانفلات الغازات السامة عند تسربها، أو انتقال السحابة الجرثومية عند إطلاقها، أو لحساب معدلات تلوث التربة والهواء بعد انقشاع الغيمة الحرارية إثر انفجار

(1) Muskrat – أحد القوارض المائية، اسمه العلمي (Ondatra Zibethica)، يعيش في أوربا والولايات المتحدة الأمريكية وكندا، يمتاز بذنبه الطويل المصفح بالقشور والمبعوج جانبياً، واحتواء أصابع أرجله الخلفية على (الصفاقات) لتساعده على السباحة وبفرائه البني الغامق اللماع. (المترجم).

(2) أو عملية التمثيل الكلوروفيلي (Photosynthesis) – وهي عملية تحويل غاز ثاني أوكسيد الكربون (CO_2) اللاعضوي إلى مواد ومركبات عضوية على شكل (سكريات بالأخص) وذلك بوجود ضوء الشمس ومساعدة مادة (اليخضور – – Chlrophyil)، هذا ويتم تحويل ما يقارب (1000 000 000 000) ألف بليون طن من هذا الغاز إلى مادة حيوية من قبل كافة أفراد المملكة النباتية سنوياً. (المترجم).

(3) برزت أهمية الرادون دوليا كغاز مشع في درجات الحرارة الاعتيادية شديد الاستقرار ناتج عن انحلال عنصر (الراديوم) المشع بعد حادثة انفجار مفاعل تشرينوبل الروسي المعروفة. رمزه الكيمياوي (Rn) ووزنه الذري (86). يمتاز بكونه غازاً نبيلاً عديم الرائحة واللون والطعم وهو من (أثقل) العناصر المعروفة والتي تحتفظ بحالتها الغازية. معلومات الكيميائيين عنه شحيحة بالنظر لخطورته. (المترجم).

نووي محتمل، أو حتى لتصور السيناريو المحتمل لتسرب ممكن لمواد مشعة داخل جوف الأرض.

للفضوليين فقط:

• يعتبر (فك) وعن جدارة المخترع الأول للعدسات العينية اللاصقة وذلك في ثمانينيات القرن التاسع عشر حينما صنعها واختبرها على الأرانب أولا ثم جربها بنفسه. وهنا لنا أن نشير أيضا إلى أن الاختراع الأمثل والاستخدام الأفضل للعدسات اللاصقة المريحة والآمنة طبيا لابد وأن تعزى لاختصاصي صنع النظارات الأمريكي كيفن توي (Kevin Tuohy) من كاليفورنيا والذي ابتكر استخدام البلاستيك اللين لصناعتها في عام (1948).

• تمكن (فك) في عام (1865) وبمعية الكيميائي الألماني جوهانز وسليسنس (Johannes Wislicenus) من تسلق أحد جبال الألب السويسرية لدراسة العلاقة بين طعامهم الذي استهلكاه خلال الرحلة وتأثيره على مكونات نماذج إدراريهما عند تحليلها، وتمكنا سويا في عام (1866) من نشر دراستهما تحت عنوان (الأصل في تجهيز طاقة العضلات) والتي تضمنت استنتاجهما بأن الشحوم والكربوهيدرات – وليس الزلاليات – هما نوعا الطعام الذي يعوّل عليهما في مد العضلات بالطاقة.

أقوال مأثـــورة:

– من الغريب حقا أنه لم يتمكن أحد من قبل من اكتشاف هذه الطريقة السهلة والبسيطة والمباشرة لحساب كمية الدم المنطلقة من القلب إلى الرئتين عند انقباضه – والتي أُثبتت صحتها في الحيوانات على الأقل – كل ما نحتاجه هو حساب كمية الأوكسجين المستهلكة من قبل الحيوان (من حجم معين من الهواء) في فترة محسوبة من الزمن، وحساب كمية غاز ثاني أوكسيد الكربون المنطلقة منه لذات الفترة. يتم خلال التجربة سحب عينة من الدم الشرياني والوريدي وتحسب كميتي الأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون في كليهما، وبعملية طرح بسيطة نتوصل لحساب كمية الأوكسجين التي يحملها حجم معين من الدم خلال مروره عبر

الرئتين. وبحساب كمية الأوكسجين المستهلكة من حيز الهواء المعلوم سابقا يمكن حساب حجم كمية الدم المارة خلال الرئتين خلال تلك الفترة المعلومة وعند قسمة هذا الرقم على عدد ضربات القلب خلال فترة معينة كذلك، (ولتكن دقيقة واحدة) سنتمكن من حساب عدد السنتمترات المكعبة من الدم التي تم ضخها من قبل بطين القلب الأيمن إلى الرئتين. وسنتوصل إلى ذات النتيجة عند حساب كميتي غاز الأوكسجين وثاني أكسيد الكربون التي نحصل عليهما من تحليل عينتي الدم الشرياني والوريدي من أوعية طرفية لحساب عدد السنتيمترات المكعبة من الدم التي يتم نضخها من قبل البطين الأيسر لسائر أنحاء الجسم.

فك

Adolf Fick، (On the Measurement of the Blood Volume in the Cardiac Ventricle،) 1870.

من كتاب (حساب حجم الدم في بطين القلب) لادولف فك، 1870

– لا غرابة في إمكانية تفسير توقعات (قانون انتشار فك) باستخدام نموذج (الخطوة العشوائية البسيط) – (Simple random – walk model). يفترض هذا النموذج والذي يسمى أيضا خطوة المخمور– drunkard's Walk) اتخاذ كل جزيئة وبمفردها سلسلة من الخطوات في اتجاهات عشوائية لا تعتمد الواحدة على الأخرى. ينطبق (قانون انتشار فك) هذا، على الجزيئات التي تنتشر خلال محلول كما تنطبق على الجزيئات التي تنتشر عبر حاجز أو خلال قناة. ففي جميع الحالات تنساق الجزيئات في حركتها متبعة السبيل العشوائي ليس إلا.

جيرارد مدلتون وبيتر ولكوك

Gerard V. Middeton and Peter R. Wilcock.

Mechanics in The Earth and Environmentel Sciences.

مقتطف من كتابهما (ميكانيكية الأرض وعلوم البيئة).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

[ادولف فك (1829–1901) Adolf Fick] فيزيائي ألماني اشتهر بقوانين الانتشار

التـي تحمل اسمـه، ولد في مدينة كاسـل (Kassel) الألمانيـة وكان ترتيبـه التاسع لأبيه أستـاذ المعمار المـدني (فردريك فك). حمل ادولف – شأنه شـأن العديد من أفراد عائلته – بـذور العبقرية والذكاء كالكثـير من عظماء هذا الكتاب. فله أخ تبوأ منصب الأستاذية في التشريـح في جامعة ماربرك (Marburg) وآخر أصبح أستاذا في القانون. أما (فك) نفســه فقد فتنته الرياضيات والفيزياء منذ شبابه، لكنه قرر اتخاذ الطب كمهنة خالها أكثر ملاءمة له.

اهتم (فك) أشـد الاهتمام بالرياضيات وتطبيقاتها في حقل الفزيولوجيا لدراسة الأشكال التشريحيـة لعضلات جسم الإنسـان. نشر أول بحث له في عـام (1849) وقد كان بعنوان (دراسة في العزوم المتولدة من عضلات الساق).

أتم دراسـته حتى حاز على شهـادة الدكتوراه في الطب عام (1851) عن أطروحته حول المشاكل الناتجة عن الانحراف البصري – (Astigmatism) وهي عبارة عن عيوب خلقية في تكور مقلة العين تنعكس سلبا على انكسار الضوء وتحول دون تمركزه على منطقة البصر في الشائبـة الصفراء[1] على شبكية العين. أوصله شغفـه بالرياضيات إلى العديد من الأفكار والإنجازات التي توجها باهتمامه (بموضوع الانتشار) حين توصل في أواسط عام (1850) إلى الاستنتاج بأن (انتشار جزيئات أي مذاب في أي مذيب لابد وأن تخضع لذات القوانين التـي تحكم انتشـار الدفء في الوسط الناقـل) وتأصل به الاعتقاد منـذ ذاك الحين بأنه لابد للانتشـار أن يوصـف بمعـادلات رياضية يمكن اشتقاقهـا من قانون فوريـه (Fourier's) للتوصيل الحراري (Fourier's Law of Heat Conduction).

ذكـر (ي. ل. كوسلـر E.L.Cussler) في كتابه (الانتشار: انتقـال الكتلة في الموائع) يقول:

(1) Fovea أو – Fovea Centralis وهـي منطقـة تقع على السطح الداخلي لشبكية العين وتمتـاز بكثافة الحجيرات البصرية فيها، مما يجعلها جزء العين المسؤول عن وضوح الرؤيا ووحدتها عند التركيز على القراءة وممارسة الأعمال الدقيقة. (المترجم).

((أقضت أفكار(فك) ونظرياته حول الانتشار مضجعه وسلبت من عينيه الكرى، فما فتئ يناقشها ويشرحها بالاستناد إلى النظرية الحركية (Kinetic Theory) ويجادل المشككين في صحتها، وهنا لابد لنا من وقفة نشير فيها إلى أنه رغم اعتبار ظاهرة الانتشار من البديهيات اليوم إلا أن نقاش أمثالها من الظواهر والنظريات من قبل طبيب في أواسط القرن التاسع عشر كان لابد وأن يعتبر من بوادر الألمعية ومن ومضات العبقرية آنذاك وبلا جدال، فلقد اقتنع (فك) بأنه لابد لظاهرة الانتشار أن تكون عملية حركية على المستوى الجزيئي وحاول فهم وإدراك الفروق بينها وبين الحالة المستقرة تحت ظروف معينة وبين حالة التوازن الجزيئي الحقيقي. وقد تمكن بالفعل من وضع العديد من المعادلات لتفسير ذلك)).

اجتهد (فك) للتأكد من صحة معادلاته فكان لابد له أن يستنبط طريقة ما للحصول على نموذج تجريبي (للحالة المستقرة) يتمتع بوجود تدرج في التركيز (Concantration Gradient). وتمكن من ذلك أخيرا بوضع بلورات ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) في قاع أسطوانة زجاجية مملوءة بالماء على أن يتم بزل جزء الماء العلوي من الأسطوانة باستمرار. راقب تجربته وسجل نتائجها حتى تمكن من الوصول إلى نموذج التغيير (الخطي –Linear) المنشود في التركيز.

قام (فك) بتجارب أخرى لاحظ خلالها تناسب حجم الغاز المار عبر نسيج رقيق خلال وحدة زمنية معينة مع مساحته ومع الفرق النسبي في ضغط الغاز الجزئي على جانبيه، وعكسيا مع سمكه.

$$V_{\text{gas}} \propto \frac{A \cdot D(P_1 - P_2)}{T}, \; D \propto \frac{S}{\sqrt{m_w}}$$

حيث يمثل (V_{gas}) حجم الغاز المار عبر الغشاء خلال وحدة الزمن، و (A) مساحته و(D) ثابت الانتشار للوسط و (P_1) الضغط الجزيئي للمادة المذابة على أحد جانبي الغشاء و(P2) الضغط الجزيئي لنفس المادة المذابة على جانبه الآخر، و(T) هو سمك الغشاء. وهنا يظهر

تناسب ثابت الانتشار(D) طرديا مع قابلية ذوبان الغاز في السائل (S) وعكسيا مع الجذر التربيعي لوزنه الجزيئي (m_w)[1].

عاش (فك) حياة حافلة ناهزت الـ(72 عاماً)، تزوج وهو بعمر (23 عاماً) وأنجب خمسة أولاد. امتهن أحدهم الطب وصار مدرسا للتشريح البشري وتدرج آخر في دراسة الحقوق حتى أصبح عضوا في هيئة المحلفين. شهد عام (1889) تسنم (فك) لكرسي الأستاذية الكامل في الفسيولوجيا في كلية طب جامعة وورزبرك (Wurzburg) ولم يتقاعد إلا وقد ناهز السبعين من عمره. امتدت إليه يد المنون ووافاه أجله المحتوم بعد عامين إثر نزف دماغي حاد في المخ لعله نتج عن فرط في ارتفاع ضغط الدم الشرياني، لم يجد علاجه آنذاك نفعا.

لقد تجلت عبقرية (فك) ونال الاحترام لتنوع المواضيع التي درسها خصوصا تلك التي جمعت بين علوم الفيزياء والفزيولوجيا. فلقد نذر نفسه عاماً كاملاً وذلك في (1854) لدراسة مفصل الإبهام فقط!. كما درس عضلات العين ووصف عملها وتمكن في عام (1855) من استنباط المعادلة التفاضلية التي تفسر ظاهرة الانتشار، كما ركز اهتمامه في وقت لاحق على تحليل ودراسة النقطة العمياء[2] وشبكية العين والرؤيا الملونة وحساب ضغط كرة العين. وتمكن أيضا من اختراع وتطوير آلات جديدة لقياس ضغط الدم وتسجيل حركة الصدر عند التنفس. ولعله كان أول من صاغ مصطلح (الفيزياء الطبية - Medical Physics) في عام (1856) ولما يتجاوز عامه السادس والعشرين، عندما نشر كتابه الحامل لذلك العنوان (Medizinische Physik) والذي صب فيه عصارة ذهنه النير وأسفر فيه عن جذوة عبقريته الفذة. لقد تضمن ذلك الكتاب الفريد

(1) الوزن الجزيئي Molecular Weight: لأي مادة هو حاصل جمع الأوزان الذرية لمكوناتها جميعا. (المترجم).

(2) The Blind Spot - وهي منطقة بداية تفرع العصب البصري (The Optic Nerve) عند مقتبل دخوله إلى مقلة العين لتكوين شبكيتها. وتمتاز هذه المنطقة بخلوها من الحجيرات البصرية الحساسة للضوء وعليه (لا يرى) الدماغ الصور المتكونة عليها. (المترجم).

مناقشاتــه ومعادلاته وتوقعاته للعديد من الظواهــر الفزيولوجية في جسم الإنسان والتي تباينــت ما بــين انتشار الغــازات ونفوذها خــلال أخشية الجسم المختلفــة إلى شروحات لفسجلــة وديناميكية العضلات ودراســة جريان الدم في أوعيتــه ومطاطية جدران تلك الأوعيــة، إضافة إلى دراساته حــول فيزياء انكسار الضوء في العــين وكيفية تولد الحرارة الذاتية في الجسم الآدمي.

يعــود لــ(فك) الفضل لاستنباطه في عــام (1870) لمبدأ حساب كميــة الدم التي يضخها القلب وذلك بحساب معدلات غاز الأوكسجين فيه والذي ساعد الكثير من العلماء والبحاثة في أعمالهــم. (معدل ضخ القلب للــدم (Cardiac Output) مصطلح فيزيولوجي طبي يعنــي مقدار الدم الخارج منه في الدقيقة الواحدة). وأهم ما توصل إليه (فك) في هذا المجال هــو إمكانية حساب معدل ضخ القلب للدم من حساب كمية الأوكسجين المستهلكة خلال عمليــة التنفس مقسومة على الفرق بين كميتي الأوكسجــين في دم الأذينين الأيسر والأيمن. وبعبارة رياضية فإن مقدار ضخ القلب للدم (لتر/دقيقة) يساوي مقدار الأوكسجين المستهلك (ملليلتر/دقيقة) مقسوما على فرق كمية الأوكسجين فـي الـدم الممزوج (شرياني وريــدي - أي في الشعيرات الدموية الطرفية -(مقاسا (بالمليلتر/دقيقة)، وتعرف هذه العلاقة فزيولوجيا (بمبدا فك - Fick'sPrinciple)).

لقــد تمكن العلماء من التأكــد من صحة هذا المبدأ ولأول مرة في عــام (1930) (أي بعد ثلاثــين سنــة من وفاة واضعه) وذلك عنــد تمكنهم من سحب عينــات دم شرياني - وريدي ممزوج بإدخال الإبرة الشوكيــة[1] (Spinal Tap Needle) إلى القلب عن طريق جانب عظــم القصــ الأيمن وسحب عينــات من دم البطــين الأيمن مباشرة. شملــت أبحاث (فك) ودراساته مواضيع متعددة كدراسة سرعة جريان الدم في الأوعية، وقياس ضغطه في الأوعية

(1) وهــي إبــرة محقنة طبية طويلة نسبيــا (3.5 انجاً - 9 سنتيمترات) يستعملهــا أطباء التخدير لإيصال المــادة المخدرة في عمليات التخدير الجزئي، كما في حالات التخديـر النصفي عند الولادة. وتستعمل كذلك لسحب السائـل الشوكي للتحليلات المختبرية، كما قد تستعمل لإيصال بعض الأدوية العلاجية الكيميائية في حالات انتشار السرطان إلى الجهاز العصبي أو الإصابة به.(المترجم)

الشعرية، ودراسة استقلاب الزلاليات وفعل العضلات في توليد حرارة الجسم وتأثير الحوافز العصبية عليها.

سرد (وليام كولمان – William Coleman) في كتابه المعروف (علم الأحياء في القرن التاسع عشر) المنشور في عــام (1874)، آراء فك الاختزالية (Reductionist Credo) والتــي تتلخصــ بوجهة نظره حــول اختزال كافــة أوجه الحيــاة وإمكانيــة اعتبارها نتيجة طبيعيــة للفعاليــات الميكانيكية التي تقوم بها الظواهر الحياتيــة والتي توفر ما نسميه (الحياة) للكائنات. لقد لخص كتاب كولمان آراء (فك) حول طبيعة الحياة قائلا:

((لا أشــك مطلقا بإمكانية إرجاع واختزال كل ما نطلق عليه (الحياة) والتي تتمتع بها كافة الكائنات وبضمنها الإنسان إلى مجموع القوى والظواهر التي تحكم كافة العناصر المادية، وأعني بها مبادئ الكيمياء والفيزياء. وبعبارة أوضــح تبين لي بعد تحليل كافة القــوى المتولدة من تفاعل الــذرات والجزيئــات وتصرفاتها وخصائصــها الكيميائية والفيزيائية وبدراســـة كافة قوانين العلوم الحركية ومســبباتها الميكانيكية، صــواب النمــوذج (الكيموفيزيائــي- Chemicophysical) للحيــاة بمعنــى إمكانيــة عزوهــا كاملــة إلى التفاعل المادي فيما بينها بالاعتماد على القوى الميكانيكية المســببة لهــا ولهذا عليّ الإقرار بأن كافة حقائق الحياة الفزيولوجية ما هي إلا انعكاســات بيّنة لحقيقتها المادية وخصائصها الميكانيكية لدى كافة الأحياء بما فيها البشر)).

لقــد نشر (فك) إضافة إلى كتابــه الشهير آنف الذكر (الفيزياء الطبيــة) العديد من المقالات العلميــة والكتب الطبيــة الأخرى مثل (المجمل في الفزيولوجيــا A Compendium of Physiology) وكتاب الموجز في تشريح وفسلجة الحواس ودوران الدم – (Handbook of Anatomy and Physiology of the Sense Organs; and Circulation of Blood) وأخيرا أوجد اثنان من أبنائه في عام (1929) (منحة ادولف فك) وهي عبارة عــن مبلغ مالي يمنــح كجائزة نقديــة كل خمس سنــوات لأفضل مساهمــة متميزة في حقل الفزيولوجيا.

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Bentley, David J., Jr., "Polymers/Laminations/Adhesives/Coatings/Extrusions." *Paper, Film & Foil Converter* magazine, July 1, 2001; see pffc-online.com/mag/paper_polymerslaminationsadhesivescoatingsextrusions_3/; includes a description of Edward L. Cussler's talk titled "Fick's Second Law or Diffusion for Dummies."

Coleman, William, *Biology in the Nineteenth Century* (New York: Cambridge University Press, 1978).

Cussler, Edward L., *Diffusion: Mass Transfer in Fluid Systems* (New York: Cambridge University Press, 1997).

Middleton, Gerard V., and Peter R. Wilcock, *Mechanics in the Earth and Environmental Sciences* (New York: Cambridge University Press, 1994).

Rothschuh, K. E., "Adolf Fick," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Sten-Knudsen, Ove, *Biological Membranes* (New York: Cambridge University Press, 2002).

Tinoco, Ignacio, Kenneth Sauer, and James Wang, *Physical Chemistry* (Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1978).

Vandam, Leroy D., and John Fox, "Adolf Fick (1829–1901), Physiologist: A Heritage for Anesthesiology and Critical Care Medicine," *Anesthesiology*, 88(2): 514–518, February 1998.

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

– لا يفهم (عبقرية) العبقري إلا (عبقري) مثله.

انتوني سمث

The Mind

– شكلت الرياضيات (ومنذ عهد غاليليو إلى الآن) العمود الفقري للعلوم، فلقد آمن بها كل من اشتغل بالنظريات العلمية واعتبرها الطريقة المثلى لدراسة الظواهر الطبعية وتفسيرها. ولكن ألا تعتقد معي أن حقائق الكون وتصرفاته لا تحتاجان لمن يحكمهما بمعادلات رياضية ضيقة محدودة... وإنما تتطلعان إلى سبل ومفاهيم أكثر شمولية ومرونة وأوسع تطبيقا كالمبادئ والأفكار التي تدار بموجبها لعبة الشطرنج.

كراهام فارميلو

Foreword to (It Must be Beautiful، Great Equations of Modern Science.)

مقتطف من كتابه (إنهن لفاتنات، لابد من ذلك، المعادلات العظيمة للعلوم الحديثة).

– يفترض أي عالم – عند شروعه بدراسة أي مجموعة من الظواهر الكونية – بأنها محكومة بقوانين

ومعادلات قابلة للفهم والإدراك لأنها نتاج تفكيرنا وعصارة عبقريتنا.

ولكني أعتقد أن هذه الفرضية ليست كاملة ولا يمكن اعتبارها حقيقة مطلقة، فما رأيك بالتفكير في الموضوع من جهته الأخرى: وهي أن منطقية تصرف الكون حولنا ما هو إلا انعكاس لحقيقة وجود القاسم المشترك بين الكون المادي كما هو من حولنا من جهة، وبين مجموعة السلوكيات التي تحكم تصرف العقل البشري وطريقة عمله من جهة أخرى؟.

مارج وفريمان

Arthur March and Ira M. Freeman، (The New world of Physics).

مقتطف من كتابهما (عالم الفيزياء الجديد)

– معرفتنا بالكون والطبيعة لازالت محدودة ومقننه، فلم علينا الإصرار على ضرورة تصرفهما حسب ما نريد؟.

كارتورايت

Nancy Cart wright، (How the Laws of Physics Lie) .

مقتطف من كتابه (كيف على قوانين الفيزياء أن تكذب).

قانون باي - بالو للرياح والضغط الجوي

BUY'S-BALLOT WIND AND PRESSURE LAW

هولندا عام 1857

تهب الرياح عمودية على فارق منسوب الضغط الجوي.

محاور ذوات علاقـــــة

رودولف كلوزيس (RUDOLF GLAUSIUS)، وتأثير دوبلر (THE DOPPLER EFFECT)).

من أحداث عـــام (1857)

- نصبــت شركــة اليشاوتس (Otis) أول مصعد آمن في إحدى ناطحات سحاب مدينة نيويــورك حيــث امتاز هذا المصعد بتزويــده بمكابح اضطرارية مما قلل مــن الخوف من خطر السقوط بتزايد بناء ناطحات السحاب هناك.
- أصبح الطلاق بدون موافقة البرلمان قانونيا في بريطانيا.
- نشر العدد الأول من الدورية الشهيرة (الأطلسي الشهري Atlantic Monthly).
- أثبــت العالم (جميــس كلارك ماكسويــل -James Clark Mexwell) رياضيا أن حلقات زحل قد تكونت من أجسام وكويكبات صغيرة تدور حوله.

نص القانون وشرحه:

سمــي (قانــون باي - بالو) باســم مكتشفه (كرستــوف هندريك دايدريك بــاي - بالو - Christoph Hendrik Diederik Buys-Ballot) وينص على **أن الضغط الجوي الأدنى لابد وأن يكون على يســار كل شخص جابه الرياح بظهره في نصف الكرة الأرضية الشمالي،** مما يعني أن الريــاح تهب عكس عقارب الساعة فيه، هذا و(ينعكس اتجــاه هبوب الرياح في نصف الكرة الأرضية الجنوبي). كما نص ذات القانون أيضا على **تعامد الضغط الجوي مع اتجاه الريح إذا ما قيس على ارتفاعات كافية عن سطح الأرض** لتلافي تأثير احتكاك الرياح بها.

يتأثــر نظام الطقس علــى الأرض بالعديد من العوامل كشكل الأرضــ الكروي ودورانها وبتأثــير كوريبولس (Coriolis Effect) القائل بميل كل ما على سطح الأرض أو ما يعلوها (كتيارات البحار والمحيطات والرياح) للانحراف إلى الجانبين بسبب دورانها.

بإمكاننــا فهم سبــب تكون دوامــات الهواء (والأعاصــير) حول مناطــق الضغط الجوي المنخفضــة باعتبار انسياب الرياح إليها مــن مناطق الضغط الجوي المرتفع في شمال وجنوب خط الاستواء. فمن المعلوم أن تهب الرياح الملامسة لخط الاستواء (والقريبة منه) بسرعة أعلى مــن تلــك التي تهب بعيدا عنه، بسبب بعد الثانية النسبي عن محــور دوران الأرض، ولتفسير ذلك تصور ضرورة هبوب الرياح البعيدة عن محور دوران الأرض (والقريبة من خط الاستواء) بسرعــة أعلى من تلك القريبة منــه (والقريبة من خطوط العرض عنــد القطبين)، لأن المسافة التــي علــى الأولى قطعها في اليوم الواحد تفوق تلك التي علــى الثانية قطعها في ذات اليوم، ولذلــك فإن الضغط الجوي المنخفض قرب خطــوط العرض العليا في الشمال (والبعيدة عن خــط الاستواء) ستسحب الريــاح عالية السرعة والضغط والتي تــدور حول خطوط العرض الدنيــا (قرب خط الاستواء في الجنوب) وتدفعها للاتجاه شمالا. مما يعني في المحصلة ضرورة هبوب الرياح من الجنوب نحو الشرق في نصف الكرة الأرضية الشمالي.

وبإمكاننا تصور العكس تماما بالنسبة للرياح الهابة من الشمال نحو الجنوب (أي من منطقة ضغــط عــال ذات رياح بسرعــة عالية إلى منطقــة أخرى ذات ضغــط واطٍ) في نصف الكرة الأرضيــة الجنوبــي فالرياح الشمالية في هذه الحالة ستنحرف جنوبــا وإلى الغرب. وخلاصة القــول إن اتجاه هبوب الريــاح في نصف الكرة الأرضية الشمــالي سيكون بدوامات عكس عقــارب الساعــة حول أي نقطة ضغــط منخفض، على حين يكون اتجــاه هبوب الرياح في نصف الكرة الجنوبي بدوامات باتجاه عقارب الساعة حول أي نقطة ضغط منخفض.

وهنــا لابد من الإشارة إلى حقيقة ضعف تأثــير **(كوريولس)** قرب خط الاستواء مما يحد من تطبيق **(قانون باي- بالو)** عند دائرة خط الاستواء وما جاورها الأمر الذي ينعكس عمليا على زيادة قوة الأمواج وسرعة الرياح كلما ابتعدنا عنها شمالا أو جنوبا.

للفضوليين فقط:

• أجرى (باي - بالو) العديد من التجارب لفهم طبيعة الأصوات وانتقالها، ومن أغربها استئجاره جوقة كاملة من عازفي الأبواق بلحن [(G) الجي ما يجور] وأركبهم على متن قطار مسرع.

- أطلق الهولنديون اسمه في حياته على إحدى جزر المحيط الهادي تيمنا به.

أقوال مأثورة:

- عندما تقف وظهرك لاتجاه الريح ستشير يسارك دائما إلى اتجاه نقطة الضغط الجوي الأوطأ.

باي - بالو

C.H.D. Buys-Ballot، (On the System of Forecasting the Weather Pursued in Holland 1963).

مقتطف من كتابه (في سبيل نظام لتنبؤات الطقس في هولاندا).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

[كرستوف هندريك ديدريك باي - بالو (Christoph Hendrik Diederik Buys Ballot (1817-1890] خبير تعدين وأنواء ألماني واختصاصي في الكيمياء الفيزيائية من أصل هولندي اشتهر بتفسيره لحركة الرياح، ولد في مدينة كلويتنك (Kloetinge) الهولندية لأب شغل منصب وزير ألماني وعرف بنزاهته.

حصل في عام (1844) على شهادة الدكتوراه في العلوم وحاضر خلال عام (1845) في مواضيع التعدين وعلوم الأرض والأنواء الجوية في جامعة اترخت (Utrecht) وما لبث أن عين أستاذا للرياضيات فيها عام (1847). وصف كتاب ل.س. بالم (L.C.Palm) الموسوم (تاريخ العلوم في هولندا) سنين (باي - بالو) الأولى كعضو في هيئة التدريس الجامعية قائلا: (لقد اهتم (بالو) بالنظرية الرياضية للمادة والتي تفترض ضرورة انجذاب ذرات المواد المتشابهة

لبعضها من ناحية وفعل جزيئات الأثير (ether)[1] المحيط بها على تفريقها من ناحية أخرى).

نشر (بالو) في عام (1849) أبحاثه تحت عنوان (مخطط فيزيولوجيا المواد غير العضوية في مملكة الطبيعة) والذي قوبل من قبل المجتمع العلمي آنذاك بعدم مبالاة وإنكار للنظريات التي جاء بها الأمر الذي أصاب صاحبه بخيبة أمل مريرة تحول على إثرها عن دراسة الفيزياء والكيمياء إلى غير رجعة وركز جل اهتمامه منذ ذاك على تقصي أحوال (الأنواء الجوية) والتي لم تكن قد بلغت مرحلة العلم المعترف به بعد.

شهد عام (1854) ثمرة عشق (بالو) لـ(علم) الأرصاد والتنبؤات الجوية بإنشاء معهد الأرصاد الجوية الهولندي كما شهد مناسبة زواجه الثاني. وفي العام التالي (1855) انتخب عضواً في الأكاديمية الملكية الهولندية للعلوم ومقرها (امستردام)، ثم ما لبث أن ترقى إلى منصب الأستاذية في الفيزياء عام 1867)). امتاز (بالو) بتدينه وبنشاطه كأحد أتباع كنيسة والو (Walloon)[2]، ذلك النشاط الذي لم يفقه سوى ولعه بـ(الأنواء والأرصاد الجوي) الذي لازمه لفترة طويلة حتى توج بتمكنه من تأسيس شبكة واسعة من اختصاصيي (الأنواء) في طول البلاد وعرضها مكنتهم من تبادل المعلومات حول تقلبات الطقس والمناخ آنياً بواسطة جهاز التلغراف كما مكنتهم من تطوير توقعات أرصاداتهم الجوية.

شهد عام (1845) تتويج جهود (بالو) بإنجازه لأهم وأغرب التجارب التي صممت للتأكد من صحة (تأثير دوبلر) الصوتي (Doppler Effect) والذي ينص على وجوب ملاحظة فرق في تردد الموجات المستلمة من مصدرين صوتيين مادام هناك فرق نسبي بين سرعتيهما، بمعنى ضرورة زيادة تردد موجات الصوت المقبلة نحو مستلمها ونقصانها عند

(1) الأثير - هو الوسط الافتراضي الذي ساد الاعتقاد سابقاً بوجوده وبأنه الوسط الشفاف عديم الوزن واللون، متناهي اللطافة والخفة والمتغلغل في كل مكان والذي كان يعزى إليه فضل نقل أو انتقال الموجات الكهرومغناطيسية خلاله. سقطت نظرية (الأثير) بفعل إثبات قابلية انتقال تلك الموجات خلال الفراغ وفشل كل المحاولات لإثبات وجوده الفعلي. (المترجم).

(2) The Waloon Church: وهو الفرع الكبير من (الكنيسة الكالفانية - Calvinist Church نسبة إلى المصلح الديني الفرنسي [جون كافن (1509-1564) John Calvin] - والتي أنشئت في هولندا وتبعتها مستعمراتها الواقعة إلى جنوب الإقليم وامتد نفوذها إلى فرنسا وضمت أفراد المجتمعات المسيحية الناطقين بالفرنسية. (المترجم).

إدبارهـا عنه. ولإجـراء هذه التجربة الحدث قام (بالو) باستئجار قطـار ملأه بعازفي الأبواق الذيـن طلب منهم عزف نغمة واحدة مستمرة أثناء مسـير القطار ليسمعها ويقيّمها جمهرة من الموسيقيين المحترفين وهم واقفون على جانب السكة! اضطر (بالو) إلى الاستعانة بالأذن البشرية المدربة لتقدير فرق الطول الموجي للنغمة المسموعة المتحركة جيئة وذهابا بالنظر لعدم وجود أي آلة معتمدة لإجراء مثل تلك القياسات آنذاك.

ولإكمـال التجربة قـام (بالو) باستئجار أعداد غفيرة مـن الموسيقيين المحترفين والمعروفين بكفاءتهـم العاليـة فـي تمييز النغمـات وضبـط الآلات الموسيقية. أركب عددا منهم القطار وأبقـى الآخرين على جانـب السكـة ثم طلب مـن أحد العازفين إعلان نغمة [جي ما يجور (G)] طويلـة وهو علـى متن القطار المتحرك، وأبقى ثلاثة آخرين على جانب السكة ووزع أربعـة عشر مراقبا آخر بالتساوي سبعة علـى متن القطار وسبعة على جانب السكة الآخر ثم طلب من الجميع تحديد آرائهم في حدوث أي تغيير في نغمة [الجي مايجور (G)] التي عزفت لمـرات عدة وليومين متتاليـين. وكنتيجة لتجربة مضنية استمرت علـى مدى اليومين عُزفت خلاهما مختلـف الأنغام بمختلف السرع وبعد جمع وتحليل آراء كافة المحترفين توصل (بالو) إلى الاستنتاج النهائي وأثبت صحة (تأثير دوبلر) والذي اختزله لاحقا إلى معادلته المعروفة.

اليـوم وبالرغم من يقيننـا القاطع من انصياع الضوء (كالصوت) تمامـا (لتأثير دوبلر) آنف الذكـر، إلا أن (بـاي - بالـو) ظل متشككا من تعميـم نتائجه التي حصـل عليها من تجاربه علـى الصوت ومدها لتصلح في تطبيقاتها على الضوء. كتـب كل من (دف مالوك - Dev Maulik) و (ايفيـكا زالـود - Ivica Zalud) في دورية (الموجات فوق الصوتية وتأثير دوبلر في تطبيقات طب النسائية والتوليد) مقالا جاء فيه:

((بالرغم من النجاح الفائق الذي أثبتته توقعات (باي - بالو) حول حقيقة وجود (تأثير دوبلر) وعلاقته بطريقة انتشار الصوت وتوقع اعتماده على زاويتي الانتشار والارتداد فقد كاد يكون من المسـتحيل تصديق حقيقة رفضـه لتعميم ما توصل إليه على تصرف الضـوء في طرق انتشـاره الموجية، إلا أن من الإنصـاف تفهم وجهة نظره إذا علمنا أن

عموم المجتمع العلمي خلال فترة القرن الثامن عشر لم يكن مهيئا لقبول تعميم ذلك التأثير على تصرف الضوء بعد)).

مكن اختراع التلغراف من تأسيس مناطق رصد جوية متعددة ومكن محترفيها من متابعة تبادل معلوماتهم حول الأرصاد الجوية وتحسين دقة تنبؤهم بتقلبات الطقس اليومية. نبغ صاحبنا في حقل التنبؤات الجوية وظلت نشراته محط احترام وتداول من قبل العديد الجم من محطات الأرصاد في مختلف أنحاء العالم آنذاك. وكنتيجة لولعه الشديد بالتنبؤات الجوية ومراقبة الطقس استطاع (باي - بالو) من تأكيد ملاحظاته وتوقعاته حول حقيقة هبوب الرياح في هولندا متعامدة مع خط الضغط الجوي.

نشر تلك التوقعات عام (1857) في دورية (كومتس رندس Comptes Rendus) ثم ما لبث أن أنهى صياغة قانونه في عام (1863) وتمكن من نشره في مجلة الجمعية البريطانية لتقدم العلوم والمسماة (ترانساكشنز Transactions).

غاب عن علم (بالو) أن أول من اكتشف قانون حركة الرياح آنف الذكر كانا خبيري الأرصاد الأمريكيين [جوزف هنري كوفن (1806-1873) James Henry Coffin] و [وليم فيريل (1817-1891) William Ferrel]. ومن الجدير بالذكر أيضا أن (فيريل) هذا كان أول من توصل إلى (قانون باي - بالو) الخاص بانحراف الرياح بسبب دوران الأرض ولكن من الإنصاف القول بأنه رغم كون (فيريل) أول من فكر بوضع نظرية حول هذا القانون، إلا أن (باي-بالو) كان أول من أثبت صحة التطبيق العام له من خلال تجاربه وأبحاثه ومراقباته المستفيضة، ولقد اعترف هذا الأخير بفضل الأول وريادته في التقديم للنظرية التي توصل هو إلى صياغتها.

ولعل أهم استخدامات قانون (باي-بالو) اليوم هو لتحديد مواقع والتنبؤ بمسار الأعاصير، فعلى سبيل المثال يمكن لسكان أواسط الولايات المتحدة الأمريكية التنبؤ بموقع ومسار إعصار ما إذا ما وقف أحدهم مواجها للرياح ونشر ذراعه اليمني قائمة على جنبه. فسيشير حينذاك إلى مركز الإعصار التقريبي. وبإعادة مثل هذه التخمينات سيكون بإمكانه تعيين الاتجاه النسبي

المفترض لمسار ذلك الإعصار واتجاهه. ومما يستحق الذكر في حياة هذا العالم العملية والعلمية هو تميزه بدقة ملاحظاته وقوة استنتاجاته فقد كان أول من أشار إلى خطأ حسابات [رودولف كلوزيس (1822–1888) Rodolf Clausius] وفقا لنظريته الجزيئية الجديدة. وتعود جذور هذه الحادثة إلى حقيقة إجراء الفيزيائي الألماني (كلوزيس) للعديد من التجارب والأبحاث التي مكنته في عام (1857) من نشر نتائجها بخصوص حساب معدلات سرع بعض جزيئات العناصر الغازية مثل الأكسجين والنتروجين والهيدروجين في درجة ذوبان الماء المتجمد (أي درجة الصفر المئوي)والتي ثبتها على أساس 461 م/ثا و492 م/ثا و 1844 م/ثا على التوالي. أما ما رآه (باي – بالو) ولم يره الآخرون فيتلخص ببساطة بانتباهه وإشارته الواضحة للتناقض البين بين نظرية الجزيئات الجديدة تلك والواقع الفعلي، وتساءل ببساطة بأنه لو كان لجزيئات تلك الغازات السرع التي ذكرها (كلوزيس) فعلا، فلم لا نتمكن من شم روائح بعض المواد مثل (النشادر) وكبريتيد الهيدروجين) مباشرة من طرف الغرفة إذا ما فتحنا زجاجة منها عند طرف الغرفة الآخر مثلا؟.

أرغمت ملاحظة (باي – بالو) البسيطة والفذة تلك (كلوزيس) على إعادة حساباته وإجراء تعديلات جذرية على نظريته، من قبيل افتراض كون جزيئات الغازات المذكورة سابقا من الكبر بحيث يحول حجمها دون مواصلة انتشارها بخطوط مستقيمة من المصدر إلى المتلقي لسبب ما.. كأن تكون اصطداماتها المتعددة والمتكررة ببعضها البعض و/أو بجزيئات الهواء المحيط بها هو الأمر الذي يجبرها على تغيير اتجاهاتها لعدد كبيرا جدا من المرات في الثانية الواحدة الامر الذي يوجب تطلبها وقتا طويلا نسبيا لتحركها من نقطة ميكروسكوبية إلى أخرى قريبة منها مقارنة بما كان قد قدر لحسابها من سرع هائلة.

وكحال كافة العظماء والبسطاء وغيرهم من البشر فقد وافت المنية (باي – بالو) وجاء الوقت الذي شرب مترعاً من كأسها ونُشر نعيه حزينا مؤثرا على صفحات مجلة تنبؤات سايمنز الجوية (Symon's Meteorological Magazine).. وقد جاء فيه:

((إليك أيتها السماء الرحيمة – ومن أحب مكان إلى نفسها (مسقط رأسها في اترخت

(Utrecht)– غادرت مساء الأحد الثاني من شهر شباط (فبراير) الروح الطيبة التي أهدت إلى العالم ما يعرف بقانون (باي – بالو)، ذلك القانون المهم الذي ستظل البشرية تتذكره بعد نسيان العديد والعديد من أصدقاء واضعه وأقربائه)).

لقد كان (د. بالو) المدير الأساسي (ولعله كان الموجد الحقيقي) لمرصد معهد التنبؤات الجوية الملكي الهولندي. واعترافا بجميله فقد سميت الجزيرة المكتشفة من قبل البعثة الألمانية للتنبؤ والإرصاد الجوي والواقعة في (70 درجة و 25 دقيقة و 28 ثانية شمالاً) باسمه.

وختاماً لابد لنا أن نذكر بأن (بالو) كان قد نشر العديد من الأبحاث والمقالات في الكيمياء والفيزيـاء ولكنه كان قد نذر الأربعين سنة الأخيرة من عمره للتنبؤات الجوية دراسة وتطويرا وبحثا.

سميت إحدى فوهات القمر والبالغ قطرها (55 كيلومتراً) باسمه وتمت المصادقة على ذلك من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين في عام (1970).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Burstyn, Harold. "Christoph Buys Ballot." in *Dictionary of Scientific Biography*. Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

"Buys Ballot Obituary," in *Symons's Meteorological Magazine*, volume 25 (London: Edward Stanford: 1890), p. 8.

Maulik, Dev, and Ivica Zalud. *Doppler Ultrasound in Obstetrics and Gynecology* (New York: Springer, 2005).

Palm, L. C., Albert Van Helden, and Klaas Van Berke, *The History of Science in the Netherlands* (Leiden, The Netherlands: Brill Academic Publishers, 1999).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

– ألم تخطـر على بالك يوماً مجموعة من الأسـئلة المحيرة التي قهـرت جيوش المفكرين منذ ابتداء فجر البشرية وبزوغ شـمس العلم وإلى اليوم، ومنها؛... (لم على قوانين الكون الأساسـية أن تنصـاع لتكتب وببساطة كمعادلات؟) و (لم على معظم القوانين ان تكون عامة بتطبيقاتها، شاملة بنتائجها؟) و (لم عليها أن تقيد بعلامة مسـاواة بسـيطة تربط جهتي (معادلة) يكاد لا يمت أحد طرفيها للآخر بصلة؟!) و (لم على

القوانين أن تكون أساسية (ومبسطة)؟ و (لم عليها أن توجد أصلا؟!).

كراهام فرميلو

Graham Formelo، It Must be Beautiful، Great Equations of Modern Science

مقتطف من كتابه (إنهن لفاتنات! لابد من ذلك).

– ما أكثر ما نثرثر وندافع عن أهمية قوانين الطبيعة والكون، وكأنها هي التي تخلق الأحداث وتوجد الأفعال!

والحقيقة هي أنها لم تخلق حدثا ولن توجد فعلا!! فقوانين الكون لا، ولم تتمكن من تحريك كرة بليارد واحدة. نعم... إنها تستطيع تحليل تلك الحركة فقط متى ما أُحدثت، أي متى ما قام أي شيء آخر عداها بفعل تحريك الكرة. أي أنها (مرة أخرى) لا تُحدث الحدث، إنها (تُسقط) إلى الأمام ما نتوقعه من تصرفات تتلو الحدث. وبناء على ذلك أجدني مرغما ألا أُعرِّف المعجزة بأنها الحدث الذي يخرق الطبيعة وقوانينها...!! فإذا ما ضربت غليوني على حافة المنفضة ساكون (أنا) الفاعل الذي حرك الملايين من الجزيئات والذرات عن أماكن استقرارها – وإذا ركزت معي وأطلقت لذهنك عنان التفكير المجرد إلى حدود الكون – سأكون (انا) الذي حرك كل ذرة فيه بطريقة أو بأخرى! وليست القوانين التي ننهج باسمها أو (التي نتعكز عليها)!!.

هناك نقطة البداية الجوهرية لإحداث الحدث... وهذا ما تغفله كافة القوانين عند تفسيرها إياه. والآن إذا ما تصورنا إمكانية المولى (عز وجل) من خلق نطفة بمعجزة وإيداعها رحم عذراء، فلابد للحمل أن يستمر منقادا لكل ما نعرفه من قوانين وحتميات ولا حاجة له بعد خلقه وإيداعه من أن يخرق أي قانون كوني صغر ذلك القانون أم كبر.

سي. اس. لويس

C.S. Lewis، (Miracles) in (The Complete C.S. Lewis Signature Classics)، 2002.

مقتطفة من مقالته (المعجزات) المنشورة في مجموعته الكلاسيكية الكاملة.

– للأمثلة ونماذج المحاكاة الرياضية والفيزيائية أبلغ الأثر لتوضيح وفهم العلوم الميكانيكية على مر العصور، فلقد دأب الفلاسفة منذ القدم وحتى اليوم على الاعتقاد الراسخ بضرورة إقران كافة الحقائق

من حولنا سـواء كانت أجساما أو أجراما أو أحداثا بما يماثلها من نماذج ذهنية ومفاهيم فيزيائية تمكننا من تقديمها بصـورة مفهومة للذهن والإدراك. وعلى هذا الاسـتناد يتوقف فهم أفكارنا وتصـوراتنا لما حولنا من أجسام وأجرام وأحداث... وتفاعلاتها وتحركاتها على ما نبتكره من أمثلة وما نضعه لها من أساليب محاكاة لتفسيرها.

بولتزمان

Ludwing Boltzmann، 1902 Encyclopeedia Britannica.

مقتطف من شرح مدخله في الموسوعة البريطانية.

قانون الخاصية الشعرية لأوتفش

EOTVOS'S LAW OF CAPILLARITY

هنكاريا (المجر) 1866

تعتمد خاصية الشد السطحي لأي سائل على كثافته ودرجة حرارته.

محاور ذوات علاقة:

شارل - اوكستين كولوم(CHARLES-AUGUSTIN COULOMB)، و كوستاف كرشوف (GUSTAV KIRCHHOFF)، و قوانين نيوتن(NEWTON'S LAWS)، و نظرية اينشتين للنسبية العامة (EINSTIEN'S GENERAL THEORY OF RELETIVITY).

من أحداث عام 1866:

- نشر دوستوفسكي (Dostoevsky) رائعته الخالدة (الجريمة و العقاب) في اثني عشر جزءا شهريا.

- اخترع الفريد نوبل (مؤسس الجائزة العالمية المعروفة باسمه) الداينمايت.

- أُكمل و بنجاح مشروع (الكوابل عبر الأطلسي)، الأمر الذي مهد لاتصالات تلغرافية ناجحة بين جانبي المحيط الأطلسي لأول مرة، علما بأن المحاولة الأولى لمد ذلك الكابل كانت قد باءت بالفشل نتيجة لانهيار الطبقات العازلة له بسبب ارتفاع ضغط الماء، الحادث الذي شكك به الكثير من الصحفيين و الذين اعتبروه مجرد خدعة إعلامية.

- أعيدت ولاية تنسي إلى الفيدرالية الأمريكية للمرة الثانية.

- سلم(مانيوليتو Manuelito) آخر زعيم لقبيلة (النافاهو Navaho) الهندية الحمراء نفسه لقلعة (ونكيت Wingate) الأمريكية.

- نحت (ارنست هيكل Ernest Haeckel) ولأول مرة كلمة Ecology التي دخلت إلى كافة المعاجم العلمية و اللغوية و التي تعني علم البيئة.

نص القانون وشرحه:

يضع (قانون اوتفش) للخاصية الشعرية العلاقة بين صفة الشد السطحي لأي سائل ودرجة حرارته ويكتب عمليا كالآتي:

$$\gamma = k(T_0 - T)/\rho^{3/2}$$

حيث تمثل(γ) قوة الشد السطحي لسائل (وتسمى أيضا بثابت الخاصية الشعرية له) والتي تعتمد على درجة حرارته (T) في حين تمثل (To) درجة الحرارة الحرجة للسائل و(ρ) كثافته، أما الثابت (k) فيكاد يتخذ نفس القيمة للعديد من السوائل ومن بينها الماء. ومن الجديد بالذكر أن (To) هي درجة الحرارة التي يتلاشى تماما عندها الشد السطحي للسائل – ويصبح صفراً –.

و(الشد السطحي) مصطلح يطلق على خاصية السوائل الناتجة من عدم توازن قوى الشد الجزيئي على أو قرب سطح ذلك السائل والتي تؤدي إلى تقلصه وتكسبه صفة مماثلة لصفة الأغشية المطاطية المشدودة. بين (اوتفش) علاقة الشد السطحي لأي سائل بحجمه الجزيئي (والذي يعني الحجم المحدد الذي يشغله وزن معياري واحد من ذلك السائل) ويساوي رياضيا حاصل قسمة الوزن الجزيئي له على كثافته.

وبملاحظة المعادلة التالية:

$$(\gamma_1 v_1 - \gamma_2 v_2)^{2/3}/(t_1 - t_2) = k$$

والتي تلخص قانون اوتفش حيث (γ_1) و (γ_2) تمثلان الشد السطحي لسائل عند درجتي حرارة (t_1) و (t_2) حيث يتغير حجمه الجزيئي على التوالي من (v_1) إلى(v_2). ندرك أنه بإمكاننا اعتبار الشد السطحي للسائل كقوة سطحية جزيئية تتغير بتغيير درجة حرارة ذلك السائل بغض النظر عن طبيعته. ولقانون (اوتفش) هذا أهمية بالغة لدى الكيميائيين حيث يستطيعون بواسطته تحديد الوزن الجزيئي للسائل المعني، كما بإمكانه ربط كل من الحجم الجزيئي (v) والوزن الجزيئي(μ) وكثافة (ρ) أي سائل رياضيا بواسطة المعادلة البسيطة التالية:

$$v=\mu/\rho$$

اجتهـد (اوتفشـ) أيما اجتهـاد في سبيل تحقيق أكـبر دقة ممكنه لتجاربه حتـى أنه استخدم الأواني و الأنابيـب الزجاجيـة المختومة بإذابة فوهاتها كي يضمن استبعـاد أي شائبة قد تؤثر علـى دقة نتائجـه، كما أنه لم يعتمد على النظر إنما استخدم خـير الأجهزة البصرية المتوفرة في ذلك الزمان لضمان دقة الملاحظة وقياس الشد السطحي ولم يعتمد على الرؤيا العينية. وفرت تلك الأجهزة البصرية الفرصة له لقياس الانعكاس الضوئي بدقة متناهية الأمر الذي مكنه من تشخيص ووصف الخصائص الهندسية الموضعية لسطوح السوائل التي درسها، وقد تفتقت عبقريتـه عن طريقـه لتفادي التأثير الناتج علـى صفات سطوح السوائل بتغـير الزمن ودرجة الحـرارة وذلك باحتواء سوائله في داخـل أنابيب زجاجية مختومة بطبقتـين ومعزولة حراريا وبذلك أثبت اقتصار اعتماد قوة الشد السطحية الجزيئية على درجة الحرارة فقط.

تلعـب الخاصيـة الشعرية وخاصة الشـد السطحي دورا فعالا بينـا في العديد من الظواهر الطبيعية، فمثلا يمكن بواسطتها تفسير قابلية(حشرات الناموس) على المشي على أسطح البرك المائية والتي تشكل الجزيئات المتواجدة على سطحها طبقة متماسكة بنتيجة فعل القوة الجزيئية بينها، أما وحدة قياس الشد السطحي فهي [(N/m) نيوتن على المتر] وتقابل وحدة القياس [بالجـول للمتر المربـع (J/m^2)] وفي استخدام (الجول) في القياس تذكرة لنا بأن هذه الصفة مـا هـي إلا طاقة (بدلالة وحدة قياس الطاقة وهي الجول) كمـا تمثل قوة (بدلالة وحدة قياس القوة وهي النيوتن).

للفضوليين فقط:

- هـل علمـت أن في نثر رذاذ الماء على سطح حوض الغطس في المنطقة المتوقعة، تقليلاً لشدها السطحي الأمر الذي يلطف من شدة ارتطام راس السباح بها؟
- سميت إحدى قمم جبال (دولوميتس Dolomites) الواقعة شمال شرق إيطاليا باسمه

تخليدا لمهارته وشهرته في تسلق الجبال.

• سميت باسمه (وحدة الاوتفش– eotvos) (E) وتعني حاصل قسمة التعجيل على المسافة، وهي الوحدة المستعملة للتعبير عن تغير مجال الجاذبية الأرضية من نقطة جبلية إلى أخرى والتي قد تصل إلى (1000) وحدة كفرق بين الجاذبية على قمتين.

أقوال مأثورة:

- لا ريب في تفوق الشعراء على العلماء في قدرتهم على ولوج أعماق المجهول.

اوتفش

Lorand Eotvos، quoted in P. Kira'ly 'Eotvos and STEP.

مقتطف من كتابه حسب ما جاء في كتاب (كيرالي).

- يمكن للعالم التحليق عاليا في عالم الخيال تماما كالشاعر، ولكنه وحده الذي يعرف حدود تحليقه وبإمكانه جعلها واقعاً.

اوتفش - المصدر السابق

- علمت آلاتي وأعلمتني بمدى امتداد بلدي تحت السطح المتجلد لبحيرة (بلاتون Balaton) فازددتُ فرحا وسعادة. لم ولن أرى ذلك الامتداد بأم عيني ولكن يقين شعوري بذلك اعتصر قلبي حزنا حين آن أوان الربيع وشارف الجليد على الرحيل.

- مقتطفات مما شعر به (اوتفش) خلال قيامه بقياسات الجاذبية بواسطة قبان العزوم على طبقة بحيرة بلاتون الجليدية خلال عامي (1901 و 1903).

- اوتفش - المصدر السابق.

مختصر لسيرة حياة المكتشف:

[ليونارد اوتفش Lornd Eotvos (1919–1848)] فيزيائي مجري ولد في مدينة بودابست (Budapest) في هنكاريا، واشتهر بدراساته لظاهرة الشد السطحي في

السوائـل وأبحاثه عـن حقول الجاذبية الأرضية. اسمه الكامل(فـازاروز ناميني بارو او تفش لوراند) (Vasarosnamenyi Baro Eotvos Lorand) واشتهر بعدة أسماء وألقاب منهـا (رولانـد – Roland) و (البارون فون او تفتشـ – Baron von Eotvos) وهي الصيغـة الألمانية للاسم الهنـكاري و(لوراند اوتفوسـ – Lorand Eotvos) أو (رولاند اوتفشـ – Roland Eotvos). [تختلـف كتابة اللقب بوجود نقطتين على حرفي الـ(o) حسب اللغة الهنكارية وتلفظ الـ(s) – (sh)].

اشتهر والده كأحد رواد الكتابة والفلسفة السياسية في القرن التاسع عشر.

انضم (اوتفش) إلى جامعـة (بودابست) كطالب حقوق ولكن سرعان ما خلبت مواضيع الرياضيـات والفيزيـاء لبه فعكف على دراستهما على نفقته الخاصـة إضافة إلى استمراره في دروسه المنهجية في القانون.

اكتشف وفي وقت مبكر ميله وولعه الشديد وانجذابه للعلوم الأمر الذي قاده إلى ترك دراسة الحقـوق والالتحـاق من جديد بجامعة هيدلـبرك (Heidlberg) ابتداء مـن عام(1867) حتـى حصل منها علـى شهادته في الدكتوراه في العلوم عـام (1870). ناقش في أطروحاته المبكـرة المنشورة تصرف شدة الضياء من مصادر متحركـة وكان هذا الكيان النظري المتقدم والجهد الفكري المميز هو حجر الأساس لما أثمر لاحقا عما سمّي (بالنظرية النسبية) على يد (اينشتين). عاد (اوتفش) إلى المجر في عام (1871) بعد حصوله على الدكتوراه وسرعان ما حصـل على كرسي الأستاذية الكاملة في جامعة بودابست ثم تزوج في عام(1876) ورزق بابنتـين صارتا رفيقتـي رحلاته وسلوته في ممارسـة هوايته المفضلة، وعلـى الأخص رياضته المحببة في تسلق الجبال حتى صار من أشهر المتسلقين في أوربا.

تركزت أبحـاث (اوتفش) وتجاربه خلال تواجده في جامعـة (كونكزبرك Konigsberg) على دراسة ظاهرة الشد السطحي الأمر الذي مكنه من نشر العديد من البحوث حول الموضوع ما بين عامي(1876) و (1886)، أما بعد ذلك فقد ركز أبحاثه على دراسة طبيعة الجاذبية الأرضية وتمكن من نشـر أبحاثه في عام (1890) حول حقيقة قوى التجاذب بين الكتل باستخدام (قبان

العـزوم). ومن الجدير بالذكر أن اختراع ذلك الجهاز كان قد سبق نشر أعماله تلك، فمن المعلوم أنــه كان قــد تم اختراع (قبان العزوم) من قبل عدد من العلماء في أوقات متقاربة وفي بقاع مختلفة مــن أمثال (جون ميشيل– John Michell) و[هــنري كافنديش – Henry Cavandich 1731-1810] و[شــارل اوكستين دوكولوم – Charles-Augustin de Coulomb 1736-1806]. ولكــن أهم ما ميز جهــازه رغم شَبهه بأجهزة سابقيه فكان الدقة في القياس والشدة في الحساسية. صــار قبان (اوتفش) واحدا من أفضل الأجهزة المستخدمة لقياس حقول الجاذبية الأرضية القريبة من السطح وللتنبؤ بوجود بعض التجمعات المائية والنفطية تحتها. وعلى رغــم حقيقة اهتمــام (اوتفش) أساسا بالأبحــاث والنظريات إلا أن الواقــع أثبت صلاحية قبانه ونجاحه نجاحا باهرا فصارت له أهمية عملية استثنائية في اكتشاف حقول النفط والغاز.

لقــد ذكر (اندرو ل. سايمــن– Andrew L. Simon) مؤلف كتــاب (صنع في المجر) تفاصيل حياة (اوتفش) الجامعية قائلاً:

> **((سرعان ما حاز (اوتفش) وبعد إكمال دراسته في جامعة (هايدلبرك) على يد أساتذة عظام من أمثال البروفسور [كوستاف كرشهوف (1824-1887) Gustav Kirchhoff)]، و[روبـرت بنسـن (1811-1890) Robert Bunsen)]، و[هرمـن فـون هلمهولتز (1821-1894) Hermann Von Helmholfz] مركز الصـدارة كأفضـل عالم مجري في مجال الفيزياء النظرية والتجريبية. وصــار قبان عزومه الجهاز الأســاس في اكتشـاف حقـول بترول تكســاس وفنزويـلا وحقول بترول زالا (Zala) في المجر. إضـافة إلى العديد من الأماكن الأخرى. وقد عمل بإخلاص على قيادة النهضة العلمية الحقيقية في بلاده حتى تميز أبناء وطنه في كافة الدراسات المتعلقة بالجاذبية والمغناطيسية الأرضية وعلوم الزلازل والهزات الأرضية)).**

تعتــبر دراسات (اوتفش) وقياساته الرائــدة في إثبـات حقيقـــة كون الكتلـة لأي جرم أو مــادة (m) والتي تستعمــل لحسـاب قوى الجذب في [قانون نيوتــن للجذب العام – ($F = Gm1m2/r^2$) هي ذات الكتلة (m) التي تدخل كثابت عند تناسب القوة طرديا مع التعجيل

في [قانــون نيوتن الثــاني – (F = ma)] وقد قام بقياسهما وإثبات تطابقهما بدقة بلغت [5 في البليــون أي (5 مقسومة على 10 مرفوعة للأس التاســع)]. وبعبارة أخرى كان (اوتفش) السبــاق في إثبــات مساواة (كتلة القصور الذاتي) وبها يقاس مــدى ممانعة أي جسم للتعجيل الــذي تفرضــه القوة المسلطة عليه مع (كتلــة جذبه) وهي القيمة التي تحــدد وزنه بدقة عالية. ولقد برزت أهمية المعلومة السابقة حينما استخدمها (اينشتين) في صياغة نظريته في (النسبية العامة)، وعزا فضل اكتشافها إلى (اوتفش) في ورقته الشهيرة المنشورة في عام (1916) بعنوان – أسس النظرية النسبية العامة – والتي افترض (اينشتين) فيها أن ما نسميه (الجاذبية) ما هي إلا حقيقة ناتجه عن انحناء الفضاء نتيجة لتأثير الكتلة الموجودة فيه. ومن الأفكار الأخرى للنظرية النسبية العامة برز مفهوم (مبدأ المساواة) ويعني أن قوة الجاذبية التي تسلطها أي كتلة في اتجاه ما تساوى عين القوة التي يفرضها التعجيل عليها ولكن بعكس الاتجاه.

ومن الجديــر بالذكر أن العديد من تنبؤات (النظرية النسبية) كانحناء ضوء النجوم الواصل إلى الأرضــ والزيــغ الضئيل في مدار كوكب عطارد وغير ذلك مــن الظواهر قد تم إثباتها في الوقت الحاضر تجريبيا.

لعلــك تذكر قصة (قبان العزوم الذي كان قــد تم اختراعه من قبل عدد من العلماء كل على حــدة، إلا أن الجهاز الذي صنعه (اوتفش) امتاز بحساسية قياس عالية جدا إلى درجة اعتباره الجهاز الأول في قياسات (تدرج الجاذبية) وهو التعبير الذي يطلق على تغيير صفات الجذب في مناطق متجاورة. فعلى سبيل المثال تضمنت قياسات (اوتفش) المبكرة نتائج أدت إلى وضع خارطــة (المشتقات الثانية – The Second Derivatives) لتغيرات الجذب المحتملة في مختلف الأماكن في مكتبه وفي البناية التي يقع فيها، وكان لابد لكتل مختلف الأجسام الموجودة من التأثير على قياساته وعلى القيم التي توصل إليها.

وبالعــودة إلى (قبان عزوم اوتفشــ) الحساس فقد أمكن استخدامــه لدراسة التغيرات في الجاذبيــة الناتجة عن الحركة البطيئة لمكامن السوائــل والكتل الجسيمة، فيُنسب إلى بيتر كرلي ((Peter Kiraly)) عضــو معهد أبحاث الفيزياء الذرية قولــه بإمكانية قياس تغير مناسيب

نهـر الدانوب (Danube) بدقة كبيرة ومن على بعـد (100 متر) منه، إلا أن أحداً لم يوثق تلك النتائج.

امتاز (أوتفش) بتعدد مواهبه واهتماماته فكان قد عكف على دراسة العديد من المواضيع مثـل الحيودات المغناطيسية وشكل الأرض واختبـار الخصائص الجيومغناطيسية على نماذج حجرية بالغـة القدم إضافة إلى دراسته لتغييرات التعجيل الأرضي الناتجة عن حركة الأجرام نسبـة إلى حركة الأرض. أما هواياته فقـد تصدرتها هواية تسلق الجبال والتصوير، واحتفظ بلياقته البدنية العالية حتى قبيل وفاته، فقد تمكن وقد ناهز الثامنة والستين من عمره من تسلق العديد من قمم جبال (التترا Tetra) والتي تقع على الحدود البولندية - السلافية اليوم.

أنشأ في عام (1885) وبمشاركة بعض من زملائه - الجمعية المجرية للرياضيات - واستمر نشاطـه الذهنـي والبدني متقـداً إلى مراحل متأخرة مـن عمره. فقد ظـل يحاضر في جامعة (بودابست) حتى عام وفاته في ،(1886) تلك الجامعة التي أصبح اسمها بعد عام (1950) جامعة (اوتفش لوراند) اعترافا بمجهوداته العلمية وتخليدا لذكراه.

لقد سجل كاتب سيرته الذاتية (ل. مارتن - L. Martin) الحس القومي لاوتفش وتأثيره البـين والخالد على عمـوم المسيرة التعليمية في المجـر في مدخله البارز مـن الكتاب الشهير (معجم سير العلماء الذاتية) والذي جاء فيه:

> **((أدرك اوتفش أهمية التعليم الجامعي كما أدرك أن نتائجه لابد وأن تعتمد على التعليم الثانوي الذي يسـبقه، فعمل بكل طاقاته وبكامل إخلاصـه على تنقية وتطوير التعليم الثانـوي والجامعـي في بلاده. ومن المنطق والطبيعي إرجاع فضـل ظهـور العديد الجم مـن نوابغ العلوم الهنكاريين خلال القرن العشريـن إلى جهوده المتميزة وبعد أفق نظره وتفكيره سالف الذكر. وتكتسب هذه النقطة أهمية خاصة إذا ما علمنا توجهه وحرصه على عدم تداخل ولعه وانشـغاله بالبحـوث العلمية مع ضرورة التفاتـه إلى العديد من النقاط الجوهرية التي تمس تطور التعليم،والتربية وتلك التي تؤثر على مسـتقبل الوطن ومصير أبنائه)).**

وأخيرا سمّيت إحدى فوهات القمر بقطر (99 كيلومترا) باسمه الأمر الذي تمت المصادقة عليه من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين في عام (1970).

مصادر إضافية وقرارات اخرى:

Király, P., "Eötvös and STEP," poster presented at the Satellite Test of the Equivalence Principle Symposium, Pisa, Italy, April 6-8, 1993. Published, without figures, in *Proceedings* (ESA WPP-115), R. Reinhard, editor (Noordwijk, The Netherlands: ESTEC, July 1996), pp. 399–406; see www.mek.iif.hu/porta/szint/tarsad/tudtan/eotvos/html/stepeikk.html or www.kfki.hu/eotvos/stepeikk.html.

Marton, L. "Roland Eötvös." in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Simon, Andrew L., *Made in Hungary: Hungarian Contributions to Universal Culture* (Safety Harbor, Fla.: Simon Publications, 1998).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

- لا تنطبق صفة الإنسانية الكاملة على من لا يدرك ولا يفهم مغزى الرياضيات في الحياة... نعم ستتمكن تلك الفئة من ارتداء أحذيتها وشراء ملابسها الأنيقة وستعتني بنظافتها الشخصية ولكن هناك أكثر من ذلك لاستحقاقها تلك الصفة.

هينلين

Robert A. Heinlein. Time Enough for Love.

مقتطف من كتابه (هناك دائماً متسع من الوقت للحب).

- تأخر مفهوم (علمنة) القوانين الطبيعية في بريطانيا عنه في القارة الأوروبية. فلقد استطاع لابلاس (Laplace) قرب نهاية القرن الثامن عشر وبُعيد الثروة الفرنسية الإعلان عن استعداده للتخلي عن إيمانه بضرورة الحاجة (لنظرية الوجود الإلهي)، وحاول الفيلسوف الألماني كانت (Kant) إنزال قدسية وكونية (قوانين نيوتن) من ضرورة وجود الإله أو سيطرة الطبيعة إلى واقعية تبجيل حسن المنطق ونضج الإدراك البشري. أما في بريطانيا فلقد استمر رسوخ مفهوم الجدل المحتدم بين إرادة الكنيسة المتمثلة بالدين ومناقضتها للقوانين الطبيعية وبين العلوم المنسوبة غالبا للإرادة الشيطانية حتى الربع الثالث من

القرن التاسع عشر. كان لزاما على داروين (Darwin) وثورته الطبيعية في قانون الانتقاء وأصل الأنواع من الظهور كي يتم الإقرار بفصل قوانين الطبيعة عن التفسير الإلهي.

كير

Ronald N. Giere، Science Without Laws.

مقتطف من كتابه (العلم بلا قوانين).

- لقد آن الأوان للإدراك والإيمان الكامل باستحالة التوصل إلى أي نظرية موضوعية تحتوي الحقيقة كاملة من كافة زواياها وتجسد ما يحدث (بالضبط) في الطبيعة. لقد اقتصرت كافة نظرياتنا الموضوعة على تكوين صور ذهنية تعكس كمية مقبولة من تلك الحقيقة أو جانبا معينا منها كما تعكس أي علامة أو رسم المفهوم الأصلي المراد التعبير عنه. نستطيع الآن تحرير أذهاننا من عبودية الضرورة الملحة لاستنباط (النظريات الكاملة) وسنكتفي برسم الهيئة الذهنية لما نفهمه منها بأبسط وأوضح صورة ممكنة، ولإدراك سمو ومصداقية هذا التصور لنا أن نتخيل حلاوة تفسير ظاهرة معينة بمجموعتين أو أكثر من النظريات، كل منها تنظر إلى الحقيقة من زاوية أو مجموعة من الزوايا كلها تمتاز بالبساطة والوضوح والمصداقية رغم اختلافها، عند ذاك سنتمكن من جمع ما نشاء منها واضعين الكمال كنقطة لا نهائية لا طائل ولا جدوى لنا في بلوغها.

بولتزمان

Ludwig Boltzmenn، (On the Developwent of Methods of Theoretical Physics in Recent Times).

مقتطف من كتابه (في سبيل تطوير طرق وأساليب الفيزياء النظرية، الحديثة).

قانونا كولروش للتوصيل الكهربائي

KOHLRAUSCH'S LAWS OF CONDUCTIVITY

ألمانيا في عامي 1874 **و** 1875:

في محاليلها المخففة ؛ يتناسب توصيل الكهربائية المعياري للمواد شديدة التأين مع مربع تراكيزها.

يعتمد توصيل الكهربائية لمحلول حاوٍ على أي مادة متأينة على حاصل جمع قابلية توصيل كافة أيوناتها.

محاور ذوات علاقة:

قانون اوستوالد للتخفيف (OSTWALD'S DILUTION LAW)، وقانون التحلل لارينيوس (ARRHENIUS'S LAW OF DISSOCIATION)، وقانون كهربائية أوم (OHM'S LAW OF ELECTRICITY).

من أحداث عام: 1874:

– اكتُشف ولأول مرة مفعول الفلوريدات المقوي لمِيناء الأسنان والمانع لظاهرة نخرها.

– ولد في هذا العام كل من ونستون تشرشل(Winston Churchill) رئيس وزراء بريطانيا خلال الحرب العالمية الثانية، والساحر الهنكاري الشهير هاري هوديني (Harry Houdini).

– أسست جمعية الشباب اليهودي في منهاتن ولاتزال موجودة إلى اليوم تحت اسم (شباب الشارع الثاني والتسعين).

– فتحت أول حديقة رسمية شعبية للحيوان في ولاية فيلادلفيا الأمريكية أبوابها للعموم.

– حضّر الكيميائي الألماني أوذمر زدلر (Othmer Zeidler) ولأول مرة مادة الدي. دي. تي (DDT)، إلا أنه لم يتمكن من تحديد خواصها القاتلة للحشرات حيث اضطر العالم إلى الانتظار حتى عام (1939) حين تمكن عالم الحشرات السويسري بول مولر (Paul Mueller) من اكتشاف ذلك.

مقدمـــــة:

اهتم (فردريـخ كولروش – Friedrich Kohlrausch) بدراسة وفهم طبيعة توصيل المحاليـل للكهربائية، والتي كانـت محفوفة بالصعوبات بالنظر لسرعـة ترسب أيونات تلك المحاليـل على أقطابها عنـد استعمال التيـار الكهربائي المستمر مما يجعلهـا عازلة وعاجزة عـن إيصال فرق الجهـد اللازم للمحاليل المغمورة فيها. بـرزت نباهة (كولروش) في تلافي الإشكاليـة السابقـة عنـد محاولته استعمـال التيار المتردد بـدل المستمـر في تجاربه، وبذلك استطـاع في أوائل عام (1870) من اكتشاف العلاقة التي تنص على زيادة توصيل المحاليل للكهربائية عنـد ارتفاع درجة حرارتها، وواصل أبحاثه وتجاربه حتى توصل (ولأول مرة) إلى اكتشـاف جملة مـن الحقائق التي تعتبر من المسلمات في الوقت الحاضر مثل حقيقة عدم تأثـر أو تأثير أي أيون موجود في محلول مخفف على أي من الأيونات الأخرى الموجودة معه فيـه، وأن جزيئـات الماء هي العامل الوحيـد الذي يؤثر على تحرك الأيونـات تجاه الأقطاب المغايـرة لها بالشحنـة، كما أنه تمكن من الاستنتاج بأن لكل أيـون معين (موجود في محلوله المخفـف) خاصية ممانعة كهربائية تخصه وحـده (ولا يشاركه فيها غيره) مهما كان مصدر ذلك الأيون (من مركبات)، كما استنتج إمكانية تطبيق العديد من المفاهيم الكهربائية ؛ مثل (قانـون اوم) الخاص بمقاومة الدوائر الكهربائية لفهم صفـات توصيل المحاليل المتأينة على اختلاف أنواعها.

قبـل التطرق إلى شرح وبيان الصيغة الرياضيـة لقانوني (كولروش) دعني أوضح لك أهمية مفهـوم المقاومة الكهربائية وضرورتها لدراسة حركة الأيونات في المحاليل، فمثلا بالإمكان فهـم العلاقة الطردية لمقاومة مادة ما (R) مع طولهـا (I)، وعكسيا مع مسـاحتها (A). كما بإمكاننا تعريف ظاهرة [التوصيل (Conductivity (k)] رياضياً بكونها مساوية لمقلوب ظاهرة [المقاومة (Resistivity (RA)]، هكذا:

$$\kappa - 1/(RA)$$

والتوصيل (K) هو عكس الممانعة (r) ولهذا تكتب الممانعة رياضيا كمقلوب للتوصيل.

أما Λ_m فتعنى التوصيل المعياري وتكتب رياضيا:

$$\Lambda_m = K/C$$

حيث تمثل (c) التركيز المعياري للمادة المتأينة الموجودة في المحلول.

بعد هذه المقدمة القصيرة: يمكننا اليوم صياغة ما توصل إليه (كولرش) بقانونين مهمين هما قانون الجذر التربيعي (1874) وقانون استقلالية الأيونات المتحركة (1875).

نص القانونين وشرحهما:

1 ـ قانون الجذر التربيعي

KOHLRAUSCH SQUARE ROOT LAW (1874):

$$\Lambda_m = \Lambda_m^{\circ} - Kc^{1/2}$$

وينص على **اعتماد قابلية توصيل أي محلول أيوني على عدد الأيونات الحرة الموجودة فيه**، وعليه فإن قيمة التوصيل المعيــاري للمواد شديــدة التأين تتناسب مع الجــذر التربيعي لتراكيزها ويسمى الحد بنهايــة قابلية التوصيل المعيــاري ؛ ويعرّف بأنه مقدار قيمة التوصيل المعياري (لمحلول أيوني خيالي) عند احتوائه على (صفر) من الأيونــات. ويمكن الاستنتــاج أنه وفي مثل هذه التراكيز المتناهية في الضآلة، لابد وأن تفقد الأيونات (لأنها غــير موجودة أصلا) صفــة ممانعتها الواحد للآخر. أما (K) فثابتٌ يعتمدُ غالبــاً على نسب الأيونات التي تكون المادة المتأينة إحداهما إلى الأخرى، ومثال ذلك تكون النسبة لمادة حامض الكبريتيك وتساوي

$$\frac{2[H^+]}{1[SO_4]^{-2}} = \frac{2}{1}$$

وتوصف المادة المتأينة بالقوية إذا امتازت بكمال تأينها في محاليلها. مثال: يعتبر حامض النتريك (HNO_3) مادة شديدة التأين لأنه يتحلل بصورة كاملة في محاليله المائية وفق المعادلة التالية:

$$HNO_3 \rightarrow H^{+1} + NO_3^{-1}$$

2 ـ قانــون استقلاليــة الأيونـــات المتحركـــة (1875)

KOHLRAUSCH'S LAW ON THE INDEPENDENCE OF MIGRATING IONS:

وينص على **أن التوصيل المعياري لأي محلول مخفف يساوي حاصل جمع أيوناته** (السالبة منها: وهي عبارة عن ذرة أو مجموعة ذرات ذوات شحنة سالبة). و (الموجبة: وهي عبارة عن ذره أو مجموعة ذرات ذوات شحنة موجبة). تتصرف كلا الأيونات السالبة والموجبة بصورة مستقلة في محاليلها المخففة، فلو فرضنا أن التوصيل المعياري للأيونات الموجبة هو $\lambda+$ وللسالبة هو $\lambda-$ فسنحصل على

$$\Lambda_m^{\circ} = \nu_+\lambda_- + \nu_-\lambda_-.$$

حيث $V+$ و $V-$ تمثلان عدد الأيونات أو (الجذور) الموجبة والسالبة على التوالي.بموجب وحدة القانون الجزيئي للمركب. فعلى سبيل المثال في مركب ($BaCl_2$) سيكون [$V+ = 1$] و [$V- = 2$].

ولعل قانون (كولروش) لا يستحق صفة الكمال لأنه لا يصدق على تصرف المحاليل شديدة التركيز، ولكنه قد يكون أفضل ما يمثل قابلية مختلف المحاليل المخففة على توصيل الكهربائية. فعلى سبيل المثال توجد قوانين أخرى أقل شهرة منه مثل [قانون التخفيف لازوالد (1888) Ostwald's Dilution Law] ويكتب رياضيا:

$$\frac{1}{\Lambda_m} = \frac{1}{\Lambda_m^{\circ}} + \frac{\Lambda_m c}{K_a\left(\Lambda_m^{\circ}\right)^2}.$$

حيث يمثل(c) مقدار تركيز المذاب و(K_a) ثابت توازن تحلل المذاب. وكان الكيميائي الألماني [فلهلم اوستوالد (1853–1932) Wilhelm Ostwald] أول من وضع هذا القانون الذي يمثل العلاقة بين قابلية التوصيل الكهربائي المعياري والتركيز، ويطبق على المحاليل ضعيفة التأين أي التي لا تتأين بشكل كامل في محاليلها كالأحماض والقواعد الضعيفة. ففي مثل هذه المحاليل تعتمد قابلية التوصيل الكهربائي على عدد الأيونات حرة الحركة في المحلول والتي تعتمد بدورها على درجة تأين تلك المواد. وكمثال عملي على

إيجـاد حد التوصيل الكهربائي المعيـاري لأي محلول، نقوم برسم كل من قيمة ($^1/\Lambda_m$) على الإحداثي الصادي، وقيمة ($^c/\Lambda_m$) على الإحداثي السيني، على محور الصادات و على محور السينات حيث ستكون نقطة التقاطع $c = 0$ هي مساوية لقيمة ($^1/\Lambda_m^{\circ}$) وهي حد التوصيل الكهربائي المعياري لذلك المحلول.

ويمكنك أن تأخذ حامض الخليك ($HC_2H_3O_2$) كمثال على الحوامض الضعيفة و الذي سيتحلل جزئيا في المحلول المائي إلى مكوناته وفق المعادلة التالية:

$$HC_2H_3O_2 \longleftrightarrow H^{+1} + C_2H_3O_2^{-1}$$

كما يوجد (قانون ارينيوس للتحلل الأيوني – Arrhenius's Law of Dissociation) والذي سمي على اسم اختصاصي الكيمياء الفيزيائية السويدي [سفنت اوكست ارينيوس (1927–1859) Svante August Arrhenius] والـذي اكتشفه وطوره حوالي عامي (1887–1883) والذي يمكن بواسطته حساب قيمة ثابت تحلل مادة ما من خلال معرفة درجة تحللها. ينص هذا القانون على إمكانية حساب درجة تحلل المواد المتأينة (a) (والتي بطبيعتها قابلة للذوبان في الماء) بواسطة المعادلة التالية:

$$a = \Lambda_m \ / \ \Lambda_m^{\circ}$$

حيث يمثل (a) درجة تحلل مادة ما و (Λ_m)مقدار التوصيل المعياري الكهربائي لتركيز معين منها و(Λ_m°) توصيلها المعياري الكهربائي في حالة تخفيفها اللانهائي. وهنا لابد من الإشارة إلى أن صحة هذه العلاقة تصدق فقط عند محدودية التفاعل الأيوني (كيميائياً) ما بين مختلف الأيونات المكونة للمادة المتحللة.

للفضوليين فقط:

• ضمت عائلة (كولروش) ثلاثة من عمالقة علم الفيزياء، هم الأب (رودولف – Rudolph) وولديه (فلهلم فردريك – Wilhelm Friedrich) و (فردريك فلهلم

(Friedrich Wilhelm–، لمع اسم الأخير وتبوأ منزلة الصدارة من بين أفراد عائلته في (معجم سير العلماء الذاتية)، حيث اكتشف ونشر في عام (1847) إحدى أهم (دوال المرونة Relaxation Function–)[1] المستعملة ضمن معادلات دراسة وفحص الزيوت المعدنية وقابليتها على تقليل الأثر الضار للاحتكاك بين أجزاء المكائن وآلات الميكانيكية المتحركة إضافة إلى ضرورتها في دراسة ديناميكية المحاليل اللزجة والمواد الزجاجية. سميت تلك الدالة باسم (دالة كولروش) و يعبر عنها رياضيا:

$$F_s(t) = f \exp[-(t/\tau r)^{\beta}]$$

حيث β تمثل مقدار التمدد و f عامل القياس، بحيث

$$0 < \beta \leq 1$$

أما τr فيمثل حيز الزمن الذي تستغرقه العملية.

أقوال مأثورة:

– قد يستدعي اكتشاف (كولروش) وقانونه شيئاً من العجب حين ينص على حقيقة كون المحاليل الأقل تركيزا هي الأشد توصيلا للكهربائية. ولكن هذه الحقيقة لا يمكن تطبيقها فعلياً (وعليه لا يصح استخدام هذا القانون) إلا ضمن حيز ضيق من التراكيز المخففة لسبب بسيط هو أنه بزيادة تخفيف أي محلول الكتروليتي (أي ذلك الحاوي على مواد و/أو أملاح قابلة للأين) موصل للكهربائية ستقل أعداد الأيونات الناقلة فيه وبالتالي انعدامها وفي النهاية لن يكون هناك أي أيونات لنقل التيار الكهربائي خلاله أصلا. وهذا هو تفسير حقيقة كون الماء النقي (100%) غير موصل للكهربائية.

كربس

Rober E. Krebs، (Kohlrausch's Law، Scientific Laws، Principles، and Theories.

مقتطف من كتابه القيّم (قانون كولروش ، القوانين والمبادئ والنظريات العلمية).

---

(1) المرونة في الفيزياء تعني مقدار قابلية أي نظام يمكن دراسته (كقطعة حديد بحالتها الطبيعية أو تحت شد) لاستعادة حالته المستقرة. وعادة ما يرافقه عامل (زمن المرونة) وعليه يمكن اعتباره كدالة أُسية للزمن. (المترجم).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولد الفيزيائي الألماني [فردريك فلهلم كولروش – Friedrich Wilhelm Kohlrausch 1840–1910] في مدينة رنتلن (Rinteln) الألمانية واشتهر بأعماله الفذة التي ساعدت على فهمنا لخواص المحاليل الموصلة للكهربائية. درّس والده [رودولف كولروش – Rudolph Kohlrausch 1809–1858] الرياضيات والفيزياء وصاحب العديد من مشاهير عصره أمثال [فلهلم ويبر (1804–1891) Wilhelm Weber] العالم الألماني الشهير صاحب الإنجازات الكثيرة والذي وضع العديد من النظم المنطقية لوحدات قياس الكهربائية. كما عاصر العالم [كارل فردريك كاوس (1777–1885) Carl Friedrich Gauss] الشهير بدراساته حول المغناطيسية الأرضية.

لقد كان للوالد (رودولف) – وهذا ما يجدر الإشارة إليه – مشاركات مهمة مع العالم (كاوس) في اكتشافاته للعلاقات بين الكهربائية المستقرة والظاهرة الكهرومغناطيسية والعلاقة بين وحدات قياسهما كما شاركه أيضا في دراساته لحساب سرعة الضوء.

دخل (فردريك فلهلم كولروش) – وهو العالم المعني في موضوعنا هذا والذي سيطلق فيما سيلي عليه اسم (كولروش) فقط – جامعة كونتكين(Gottingen) ودرس فيها على يد صديق والده (ويبر) وحصل منها على شهادة الدكتوراه في عام (1863)، وعُين فيها أستاذا متمرسا للفترة من (1866–1870)، كما تعاون مع أخيه (فلهلم فردريك) في دراسة الصفات الكهروكيميائية لعنصر الفضة، ولعلك – هنا – تستطيع توقع الالتباس الذي كان لابد أن يقع فيه بعض المورخين في تحديد أعمال، أو وصف مشاركات كل من أقطاب عائلة (كولروش) الثلاثة بالنظر لتشابه أسمائهم وتقارب مشاركاتهم في اختصاصات متماثلة.

أصدر (فردريك فلهلم "كولروش") – حينما كان مدرسا في الجامعة – كتابه الشهير تحت عنوان (المرشد في الفيزياء العملية) والذي شمل العديد من التجارب وتقنيات القياس التي كان لها أجل الأثر والتأثير على الطلاب الألمان لما تلا من السنين الأمر الذي انعكس إيجابا

على نهضة الأمة الألمانية وحيازتها موقع الصدارة بين الأمم خلال القرنين الثامن والتاسع عشر.

ترك (كولروش) في عام (1870) منصبه كأستاذ متمرس في جامعة (كوتنكن) التي تخرج منها والتحق كأستاذ بمعهد البوليتكنيك في زيورخ (Zurich)، ثم ما لبث أن تركه إلى جامعة دارمستاد (Darmstadt) التقنية في العام الموالي، وفي منصبه الجديد هذا استطاع بمعية صديقه (اوتو كروترين – Otto Grotrian) من إثبات حقيقة زيادة قابلية توصيل المحاليل للكهربائية بزيادة درجات حرارتها، كما استطاع في عام (1874) من إثبات حقيقة وجود مقدار ثابت من المقاومة المحسوسة للكهربائية في كل محلول موصل لها، ثم استطاع أن يحسب سرعة إزاحة الأيونات بدراسة علاقة جودة التوصيل وزيادته بزيادة درجة تخفيف المحاليل الموصلة للكهربائية.

أدرك (كولروش) – ومنذ وقت مبكر – أن أفضل طريقة لمقارنة قابلية توصيل الكهربائية لمختلف المحاليل هو بدراسة حد نهاية توصيلها (Λm) ، أي حينما تقترب تراكيزها من الصفر. وقد شرح كوبراتش لانكفورد (Cooper H. Langford) في كتابه (تطور أسس الكيمياء) كيف تمكن (كولروش) من قياس نهاية حد هذه القيمة قرب تركيز الصفر (Λ_m°) لمحاليل الإلكتروليتات وذلك بإجراء سلسلة من التجارب ورسم العديد من الخطوط البيانية لتحديد قيمة (Λm) بعد رسمها مع التراكيز المعيارية لمحاليلها، فكان بذلك أول من درس – بموضوعية فذة ومنهجية بالغة الدقة – المحاليل الموصلة للكهربائية للمواد شديدة التأين بمختلف تراكيزها، وكان أول من وضع القيم الحدية (Λ_m°) لتوصيل محاليلها للكهربائية.

وهنا لابد لنا من الإشارة إلى أن دراسة أو إيجاد حد التوصيل للمحاليل لا نهائية التخفيف (الذي يعني فعليا عدم وجود أي أيونات من تلك المادة فيها وبالتالي لابد وأن تنعدم أي تداخلات أو توصيل بينها أصلا) لابد وأن يكون ضربا من المستحيل لسبب بسيط هو استحالة دراسة أو إيجاد حد أو حالة لا وجود لها بالواقع. ولكن ما قام به العلماء لإيجادها هو بوضع جداول بيانية لقابلية التوصيل مرسومة مع مقادير متناقصة من المواد المراد دراستها، ومن ثم مد مستقيماتها إلى حد تقاطعها مع المحور، وبذلك تمكنوا من وضع جداول نافعة

جدا لقيم حد نهاية التوصيل (Λ_m) للعديد من المواد القابلة للتأين في محاليلها المائية.

شرع (كولروش) بين عامي (1875–1879) بفحص ودراسة العديد من أملاح الحوامض ومحاليلهـا حتى أوصلته بحوثـه والتي كان قد أجراها في جامعـة ورزبرك (Wurzburg) إلى وضـع قانونـه الخاص بحرية حركة الأيونات في محاليلها والذي ينص على **أن لكل أيون في المحلول** (مهما كان عدده ومقداره) **ممانعته الخاصة به لدى هجرته داخل المحلول إلى القطب المخالف لـه بالشـحنة** والتي لا تعتمد مطلقا على مصدره الجزيئـي ولا على نوع المركب الذي جاء منه وإنما تعتمد على خصوصيته الأيونية ذاتها.

ترأس عالمنا المرموق عام (1888) مختبر الأبحاث في جامعة ستراسبرك (Strasbourg) وتسنـم في عام (1895) منصب المدير العام للمعهد العالي للفيزياء والتقنية، واعتبر عند ذاك بحـق (ملك القياسات) بالنظر لجدّه ودقة عملـه وشَغَفه بتطوير العديد من آلات القياس مثل جهـاز (القنطرة) المعروف باسم (قنطرة كولروش) لقياس قابلية التوصيل الكهربائي وجهاز (الكلفانومتر) ذي المماس والمستعمل لتحديد وجود واتجاه ومقدار التيار الكهربائي في المواد الموصلة كما عمل على تحسين جهاز المقياس العاكس[1].

لقـد خلـد التاريخ هذا العالم الجليل لأعمالـه وإنجازاته الباهرة والخالـدة في حقل الكيمياء الكهربائيـة ولوضعه قانونيه اللذين مازالا مصدر منفعة وفائدة للعديد من العلماء والدارسين في تجاربهـم الكهربائية والكهروكيميائية، وخـير مثال على ذلك استفـادة العالم (اوستوالد –Ostwald) من أساليـب (كولروش) وتقنياته في البحث واستخدامها في أبحاثه وتجاربه الخاصـة الأمر الذي مهد إلى، ومكنه من اكتشاف قانونه الشهير للتخفيف والمعروف باسمه (Ostwald's Dilution Law).

و(استوالـد) هذا شخصية لامعة فذة امتـازت بعبقرية تستحق معها إفـراد السطور التالية

(1) جهاز المقياس العاكس: – Reflectivity Meter وهو جهاز مستخدم في تجارب الحرارة والضوء، ويمكنه المقارنة ما بين جزء الشُعاع الوارد إليه مع جزئه المنعكس عنه بدقة علمية متناهية ويستخدم في العديد من التجارب. (المترجم).

للتعريف به وبأهم إنجازاته، فلقد كان عازفا بارعا للكمان ورساما موهوبا للطبيعة ولماحا حاذقاً للألوان. إضافة إلى أعماله ودراساته المشهودة في حقول العوامل المساعدة[1] وصفاتها، ألف ونشر (اوستوالد) هذا خمسة وأربعين كتابا، ونشر أكثر من خمس مئة مقالة وبحث إضافة إلى آلاف التلاخيص والمختصرات.

حصل على جائزة نوبل للكيمياء في عام (1909) وضحى بالكثير من وقته وجهده لرفع راية السلام والعمل من أجله في العالم ولم يعكر صفو إنجازاته العلمية وتاريخه الناصع إلا حقيقة فشله الذريع في تطوير وتحسين لغة (الـ Ido)[2] وهي إحدى مشتقات اللغة الإسبانية حيث لم تثمر جهوده المضنية ولا محاولاته المتعددة إلى النتيجة التي كان يتوقعها وضل فشله في تلك التجربة يلاحقه لفترة طويلة.

توفي (فردريك فلهلم كلروش) في شهر كانون الثاني من عام (1901) في مدينة ماربرك (Marburg) الألمانية ونعاه (ايوان رايس مورس – Iwan Rhys Morus) في كتابه (حينما تُتوج الكيمياء ملكة) قائلا:

> **((إذا ما استذكرنا شريط حياة هذا العبقري العملية والممتد خلال الربع الأخير من القرن الثامن عشر لَما وجدنا له عنوانا خير من تسميته (بتاريخ الأب الحقيقي لعلم القياس الحديث)، فلقد بادر (كولروش) وافتتح الأذهان والتطبيقات العلمية لما يصح تسميته بالطابع القياسي لعصرنا الراهن. لقد وصفه أتباعه وزملاؤه بالرائد الأول، وخير من أتقن فنون القياس واستخدام الآلات ووثق منهجية ضبطها ودقة استعمالها، فلقد كان لهذا العلامة سبق اختراع العديد من آلات القياس الدقيقة مثل آلات قياس الحركة والكهربائية والمغناطيسية والآلات العاكسة للضوء، كما كان هذا الفذ قد سخّر أربعين سنة من عمره**

(1) العوامل المساعدة: Catalyats – وهي مواد أو عناصر تساعد على زيادة سرعة تفاعل ما دون المشاركة فيه، حيث تبقى كمياتها ثابتة قبل وبعد التفاعل. (المترجم).

(2) Ido – لغة موضوعة (لا تعود إلى أي طائفة أو قومية أو بلد) قصد من ابتكارها أن تكون (لغة عالمية) يسهل تعلمها واستعمالها من قبل الجميع مهما كانت خلفيات لغاتهم الأم. تمتاز عن الإنكليزية بأنها أكثر رتابة ونظاماً من النواحي النحوية والتحريرية والكلامية. (المترجم).

عمل خلالها يدا بيد مع العالم (ويبر) من أجل اكتشاف وتقنين ودراسة وضبط وحدات القياس الكهربائية والمغناطيسية وثوابتهما. كما استطاع هذا العبقري إدارة وتوجيه معظم بحوث معهد ريشسانستالت (Reichsanstalt) العلمية ونال عن جدارة لقب (المفكر الذي قاد الصناعة الكهربائية الألمانية لتبوء مركز الصدارة على مستوى العالم).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Atkins. P. W. *Physical Chemistry*. 5th edition (New York: Freeman. 1996).

Dogra. S. K., *Physical Chemistry Through Problems* (New Dehli: New Age Publishers, 1984).

Drennan, Ollin. "Friedrich Kohlrausch," in *Dictionary of Scientific Biography*. Charles Gillispie. editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons. 1970).

Hamann. Carl H.. Andrew Hamnett. and Wolf Vielstich. *Electrochemistry* (Hoboken. N.J.: Wiley. 1988).

Katz. Eugenii. "Friedrich Wilhelm Georg Kohlrausch"; see chem.ch.huji.ac.il/~eugeniik/history/kohlrausch.htm.

Krebs. Robert. "Kohlrausch's Law." in *Scientific Laws, Principles, and Theories* (Westport. Connecticut: Greenwood Press, 2001).

Langford. Cooper H., *The Development of Chemical Principles* (New York: Dover. 1995).

Morus. Iwan Rhys. *When Physics Became King* (Chicago: University of Chicago Press. 2005)

Zeiss. Carl. "Kohlrausch's Laws," Carl Zeiss AG. see www.zeiss.de/C12567A100537AB9/Contents-Frame/9BBD454D0BCC325EC1256D0900331437

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

- إن ما يميز الرياضيين والفلكيين والفيزيائيين هو تدينهم على الغالب وإيمانهم وتمسكهم الروحي. تقل هذه النزعة نوعا ما لدى البيولوجيين وقد تكون شديدة الندرة أو معدومة لدى الاقتصاديين وعلماء النفس، ولكأن للعلوم والاختصاصات نزعة للابتعاد عن الروحانية والتدين كلما اقتربت بصاحبها من الإنسان وتعمقت في دراسة ذاته.

لويس

C.S. Lewis (Religion Without Dogma?) The Grand Miracle،

And Other Selected Essays on Theology and Ethics from God in the Dock.

مقتطف من كتابه (المعجزة العظمى).

- ما الذي يعنيه مصطلح (قوانين الطبيعة العامة والشاملة) بالضبط؟ هل هي قوانين الحركة لنيوتن؟ أم هو قانونه للجذب العام؟ هل هو قانون سينل[1] أم قانون اوم؟ هل هو القانون الثاني للديناميكية الحرارية؟ أم هو قانون الانتقاء الطبيعي؟. بالتمحيص الدقيق وإعمال العقل برزانة... أجدني واثقا كل الثقة بأن كل تلك القوانين لا هي بالعامة الشاملة ولا هي بالضرورية حتى! ولعلي أجد من الجسارة في نفسي ما يجعلني أطعن حتى بمصداقيتها جميعا!

كير

Ronald N Giere، Science Without Laws، 1999

مقتطف من كتابه (العلم بلا قوانين).

- إذا ما جلسنا جلسة هادئة وفكرنا بلحظة متأنية لنقارن بين الرياضيات والفيزياء فإلى ماذا سنصل برأيك؟

ما الرياضيات أولا؟ - إنها ولا شك - كيان جميل متكامل خلقه الإنسان وعبر به عن الكثير من حاجاته الذاتية وأشبع به حاجات كثيرة أخرى. لا أصول ولا جذور طبيعة لها ولذلك لابد للرياضيين أن يُعرِّفوا كل عنصر وكل رمز وكل دالة قبل استخدامها وإلا لما كان للرياضيات ولا لرموزها أي معنى بالأصل، هذا على عكس ما جاءت به الفيزياء تماما ؛ فهي (براءة اختراع عن جدارة للطبيعة ذاتها). لقد أوجدت الطبيعة رائع جمالها ومختلف موجوداتها (ولعلها لا تزال تبدع الجديد منها وتراقب الجميع عن بعد) دون أدنى اكتراث لا بالبشر ولا بغيرهم من موجوداتها. أما قوانينها (أقصد القوانين الطبيعية - أو قوانين الفيزياء) فهي من إنتاجنا (نحن)، وهي قوانين رياضية ولكنها مغايرة للرياضيات ذاتها ولذلك يكتشف ويستخدم الفيزيائيون قوانينهم دون أن يجدوا أنفسهم مضطرين لتفسير أي منها.

بوبر

Carl Popper، The Logic of Scientific Discovery

مقتطف من كتابه (المنطق وراء الاكتشاف العلمي).

---

(1) Snell's Law - راجع المدخل الخاص بهذا القانون في فصل (الفترة الزمنية من عام (250) قبل الميلاد إلى (1700) بعده. راجع صفحة (155) من هذا الكتاب. (المترجم).

قانون كيوري للمغناطيسية

CURIE'S MAGNATISM LAW

فرنسا عام 1895 **وعمم عام** 1907،

تتناسب مغناطيسية المواد شبه الممغنطة عكسيا مع درجة حرارتها المطلقة، وتفقد كافة صفاتها المغناطيسية عند درجة حرارة معينة تسمى (درجة حرارة كيوري) أو درجة الحرارة الحرجة.

من أحداث عام 1895:

- سُحق الآرمن في حربهم ضد الدولة العثمانية.

- نشر اتش. جي. ويلز (H. G. Wells) قصته الشهيرة – آلة الزمن –.

- اخترع (كوكليلمو ماركوني – Guglielmo Marconi) المهندس الكهربائي الأيرلندي الأصل آلة التلغراف.

- اكتشف الفيزيائي الألماني (ولهلم رونتجن – Wilhelm Rontgen) ما يُعرف بالأشعة السينية أو بأشعة اكس(x).

- اخترع رجل الأعمال الأمريكي(كنك كامب جيليت – King Camp Gillette) آلة الحلاقة بالموس الأمين ذي الشفرة أحادية الاستعمال المعروفة إلى الآن بـ(شفرات جيليت) باسمه وكسب شهرته العالمية من حملته الدعائية آنذاك.

- ولد كل من لاعب كرة السلة الشهير (بيب روث – Babe Ruth) وبطل الملاكمة الامريكي (جاك دمسي – Jack Dempsey).

- نال أول أمريكي زنجي الأصل (دبليو. إي. بي. دوبوا – W.E.B.Du Boia) شهادة الدكتوراه من جامعة هارفرد.

- وضع الفيزيائي الأيرلندي (جورج فتزكرالد – George Fitzgerald) (ولأول مرة في التاريخ) تصوره عن انكماش المسافات وأطوال الأجسام باتجاه حركتها.

قانون كيوري للمغناطيسية:

اكتشف عالم الكيمياء الفيزيائية الفرنسي (بيير كيوري – Pierre Curie) قانونه الشهير للمغناطيسية بعد إجراء العديد من التجارب وترتيب نتائجها بشكل مبسط ووصفها بحيث توضح العلاقة بين مغناطيسية بعض المواد ودرجات حرارتها وعلى الوجه التالي:

$$\boxed{M = C \cdot \frac{B_{ext}}{T}}$$

حيث يُمثل (M) حاصل مغناطيسية مادة ما و (Bext) مقدار قوة الحقل المغناطيسي المسلط عليها مقاسا بوحدة (التسلا –Tesla)[1] و (T) حرارتها مقاسة بدرجات كالفن و (C) هو ثابت (كيوري) ويرمز لنقطة معينة تحددها صفات المادة المعنية ذاتها. ويختصر (قانون كيوري) الخاصية المغناطيسية بنصه على **ازدياد مغناطيسية أي مادة بزيادة قوة الحقل المغناطيسي المسلطة عليها ونقصانها بزيادة حرارتها**. وقد يكتب (قانون كيوري) على الشكل التالي أيضا:

$$\boxed{\chi = \frac{C}{T}.}$$

حيث (X = M / Bext) وتعني قابلية المادة للمغنطة، بمعنى مقدار استجابة أي مادة ومقدار تمغنطها عند وضعها في حقل مغناطيسي معلوم.

ينطبق (قانون كيوري) كذلك على المواد (شبه الممغنطة) مثل الألومنيوم والنحاس، والتي تمتاز بقابلية الصفات القطبية لذراتها بالانتظام وبالتوازي مع الحقل المغناطيسي المسلط عليها، وتكتسب تبعا لذلك صفات مغناطيسية بينة يمكن قياسها بالمقاييس الحساسة. ولتوضيح المقصود بالمواد (شبه المغناطيسية) نقول: هي مواد (فلزية على الأغلب الأعم) تتصرف كمغناطيس

(1) وهي وحدة الفيض المغناطيسي العالمي (B) وقد سميت بإسم العالم والمخترع والمهندس الكهربائي والميكانيكي وأبو (الكهربائية التجارية) الصربي [نيقولا تسلا (Nikola Tesla (07.Jan . 1943 - 10.July.1856] من كرواتيا. خير ما عرف به هو أفكاره حول (الكهرومغناطيسية) وقد ساهمت اختراعاته في تطوير (طاقة كهرباء التيار المتردد) بما في ذلك نظام الأطوار المتعددة والمحرك الكهربائي وبذلك قدم (للثورة الصناعية الثانية) وكان رائد فكرة نقل الكهرباء عبر الأثير. كما ساهم في علوم (الروبوتات – Robotics) و (السيطرة عن بعد – Remote Control) والرادار وعلوم الحاسوب. كما شارك بنشر أفكار الفيزياء النووية والنظرية وعلوم القذائف بعيدة المدى (Ballistics). كان واسع الخيال عظيم التصور شاسع الإمكانية الفكرية والذهنية إلى الدرجة التي اعتبر معها (مهتز الشخصية) حتى وصم بالعالم المجنون. (المترجم).

اعتيـادي (أي تجذب وتنفر الأجسام المغناطيسية الأخـرى حسب مخالفة أو مماثلة قطبيتها لها) عند وضعها في مجال مغناطيس خارجي معين، والذي سيعمل على إعادة الاصطفاف العشوائي لـذرات تلك المـادة إلى اصطفـاف قطبي موحد فتكسـب بذلك صفـات مغناطيسية بقطبية معلومـة، ولكن ما أن يقطع هذا المجال المغناطيسي الخارجـي عنها حتى تعود ذراتها للتشرذم بصورة عشوائية تفقد معها صفاتها المغناطيسية تلك وتفقد قطبيتها. وهنا لابد من ذكر مصطلح مهـم في المغناطيسية ألا وهـو (العزم المغناطيسـي – Magnetic Moment) والذي يعني مقدار القوى المغناطيسية واتجاه اصطفاف خطوطها وتشكل قطبيها في لحظة زمنية معينة. أما علاقة الحرارة بالمغناطيسية فتُفسّر على ضوء الحقيقة القائلة إنه بوضع المواد (شبه المغناطيسية) في مجـال مغناطيسي خارجي، فسيعمل هـذا المجال على إعادة ترتيب واصطفاف ذرات تلك المـواد لتأخذ اتجاها قطبيا منتظما ومحددا. وأما مفعـول الحرارة في هذا المجال فسيكون بزيادة سرع تذبذب هذه الذرات مما يدفعها طبيعيا إلى محاولة استعادة اتجاهات تشرذمها العشوائي كما لـو أنها لم تُعرّض إلى المجال المغناطيسي آنف الذكـر وذلك يفسر ميلها (وبعد حين) إلى فقدان مغناطيسيتها التي اكتسبتها.

ومن الجدير بالتوضيح هنا أن **(قانون كيوري)** هذا ينطبق على مدى محدود من قيم (Bext) ولا ينطبـق إلى مالانهايـة بمعنـى أن اصطفاف ذرات مـادة ما بالتـوازي، وتكوينها لقطبين مغناطيسيـين بيّنين (شمالي وجنوبي) يعتمد بالدرجـة الأولى على المجال المغناطيسي المسلط عليهـا ولا يمكن لمغنطة تلك المـواد (M) أن تزداد بزيادته إلى مـالا نهاية، فحالما تبلغ مقدارا كافيا من (المغنطة) واكتساب (100%) من ذراتها صفة الاصطفاف القطبي، حتى يستحيل زيـادة مغناطيسيتها مهما أوغلنا في زيادة المجال حولها. وتنطبق صفة (الشبه مغناطيسية) – والمقصـود بها فقدان القابلية المغناطيسية الطبيعية – على فلزات أخرى مثل الحديد والنيكل، فبالإمـكان هنـا استعادة شـيء من مغناطيسيـة تلك المواد حتـى بعد تسخينهـا إلى ما فوق (درجـة حرارة كيوري) الخاصة بها – وهي الدرجـة التي على المواد الممغنطة أن تتخلى عن مغناطيسيتها عند بلوغها إياها.

ولنا أن نذكر هنا بعض الحقائق مثل درجة حرارة كيوري للحديد التي تبلغ (1043) درجة مطلقة (كالفن) أو (770) درجة حرارة مئوية، حيث تفسر هذه الدرجة الحرارية العالية حقيقة مسؤولية الصفة المغناطيسية الحديدية (الطبيعية) هذه عن احتفاظ المغانيط الطبيعية بمغناطيسيتها وبالتصاق قطع اللعب الحديدة بباب ثلاجتك أو احتفاظ الحدوات الممغنطة وبعض أجزاء محركات التيار الكهربائي المستمر بها [وذلك لتواجد كل هذه المواد بدرجة حرارة تقل بكثير عن درجات (حرارة كيوري) لها دائماً].

وفي الختام يمكننا الاستنتاج أن الصفة (الشبه مغناطيسية) للمواد هي عبارة عن شكل ضعيف من أشكال المغناطيسية الطبيعية والذي سرعان ما تفقده عند تعرضها لشيء من الحرارة التي تعمل (كما أسلفنا سابقا) على زيادة سرعة تذبذب وحركة الذرات المكونة لتلك المواد فتدفع ذراتها إلى عشوائيتها السابقة حارمة إياها من صفتها المغناطيسية التي اكتسبتها بوضعها في مجال مغناطيسي خارجي.

أما تفسير عدم وجود أي صفة مغناطيسية لبعض المواد كالزجاج والخشب أو حتى لبعض الفلزات كالنحاس والذي يكون على شكل Cu^+ (أي أن ذرته فاقدة إلكترونا واحدا) والذي يكوِّن النحاس الطبيعي، أو الغازات كالنيون... فيعود إلى حقيقة أن الصفات المغناطيسية لإلكتروناتها المفردة لها من العشوائية بحيث تلغي الواحدة تأثير الأخرى حتى لا يبقى منه شيئا يمكن قياسه أو الشعور به كتأثير مغناطيسي أو شبه مغناطيسي صاف. أما بالنسبة لذرات أخرى أو أيونات محددة مثل [أيون (Mg+2) المغنيسيوم]، فلا تلغي حركة إلكتروناتها العشوائية التأثير الكامل لقطبيتها ولذلك تحتفظ مثل هذه الذرات بشيء من صفتها القطبية المغناطيسية.

قانون كيوري - ويس للمغناطيسية

CURIE - WEISS LAW

يُعَرِّف قانون (كيوري – ويس) القابلية المغناطيسية (X) الواردة في قانون كيوري السابق في المجال شبه المغناطيسي فوق نقطة (حد كيوري) بمعادلة رياضية هي:

$$\chi = \frac{C}{T - T_c}$$

حيث (C) هو ثابت كيوري الخاص بمادة ما و (T) هي درجة حرارته المطلقة مقاسة بدرجات حرارة كالفن و (Tc) هو حد كيوري مقاسا بالدرجات المطلقة (كالفن) كذلك. ومن الملاحظ وجود حالة المغنطة الذاتية عند تساوي (T = Tc). ويمثل هذا القانون إضافةً وامتداداً لقانون (كيوري) السابق آخذا (درجة حرارة كيوري) بنظر الاعتبار. ولتفسير بعض خصائص هذه الدرجة الحرارية وعلاقتها بالمغناطيسية نسوق الأمثلة الواقعية الثلاثة التالية ؛ فهذه الدرجة (والتي تمثل قيمة طبيعية تعتمد وتعكس خصائص الفلز المعني) تكاد تساوي صفرا (Tc= 0) في حالة المواد شبه المغناطيسية، أولاً. وتكون ذات قيمة موجبة كبيرة (Tc>0) في المواد المغناطيسية وتدل على قوة تأثيرها المغناطيسي ثانياً، كما أن هناك صنفا ثالثا من المواد التي توصف بالمواد المضادة للمغناطيسية وهي التي تكتسب (Tc) فيها قيمة سالبة (Tc<0).

وخلاصة القول إن المواد التي توصف بكونها ذوات طبيعة مغناطيسية، هي تلك التي تمتلكها عندما تكون درجة حرارتها أقل من (درجة حرارة كيوري) الخاصة بها (T<Tc) أما إذا ارتفعت درجة حرارتها فوق تلك الدرجة (T>Tc) فستتصرف وكأنها مواد شبه مغناطيسية (أي فاقدة لتلك الخاصية في درجة الحرارة تلك ما لم يؤثر عليها إيجابيا حقل مغناطيسي خارجي). أما الاستنتاج الأخير لكل ما سبق فهو اقتصار تطبيقات قانون (كيوري – ويس) على المواد التي تتجاوز حرارتها (درجة حرارة كيوري) الخاصة بكل منها لأنه وببساطة يعتبر قانوناً يعتمد على الحرارة. أما التفسير العلمي الفزيائي لتصرف مختلف المواد

(المغناطيسية وشبه المغناطيسية) وعلاقتها بالحرارة فيستند على حقيقة ميل ذرات تلك المواد (تحت درجة حرارة كيوري) إلى الانتظام والاصطفاف بتواز محدد يضمن لها دوام قطبيتها واستمرار خاصيتها المغناطيسية، أما تفسير الخاصية المغناطيسية الطبيعية الذاتية لبعض المواد (وتحت درجة حرارة كيوري أيضا) فيكون على أساس وجود حقل مغناطيسي داخلي فيها يسمى (حقل ويس الجزيئي المغناطيسي - Weiss Molecular Field) وذلك تخليدا لدى العالم الفيزيائي الفرنسي الفذ [بيير ويس (1865-1940) Pierre Weiss]. وتتناسب قيمة هذا الحقل، (والذي يعبر عن المعدل العام للقيمة المغناطيسية لتلك المادة) مع مقدار تمغنط مختلف الأجزاء المكونة له.

بالإمكان قياس (القابلية المغناطيسية - Magnetic Susceptibility) لمادة ما بوضع نموذج منها داخل ملف كهربائي ثم قياس مقدار الحث الذي يسجله مع وبدون تلك المادة، كما بالإمكان تحديد (درجة حرارة كيوري) لها بقياس وتسجيل ذلك الحث (داخل ذات الملف) بدرجات حرارية متفاوتة حوالي درجة حرارة كيوري المتوقعة ومن ثم تطبيق قانون (كيوري - ويس).

ولفهم المغناطيسية وطبيعتها لابد لنا من فهم معنى المجالات المغناطيسية وأنواع المواد المغناطيسية في الطبيعة وما المقصود بدرجة (حرارة كيوري) أولاً. أما المجالات المغناطيسية فهي مجالات أو حقول القوى المحيطة ببعض المواد والناتجة عن اصطفاف ذراتها بالتوازي مع بعضها وتكوينها لقطبية مغناطيسية محسوسة. تتأثر هذه المجالات سلبا عند رفع درجة حرارة تلك المواد نتيجة لزيادة حركة وذبذبة ذراتها وزيادة عدد التصادمات بينها الأمر الذي يؤدي إلى فقدان صفة التوازي والاصطفاف القطبي بينها، الأمر الذي يؤدي إلى فقدانها لصفتها المغناطيسية.

وأما تصنيف المواد في الطبيعة بالاستناد إلى خواصها المغناطيسية فتقسم إلى ثلاث فئات: المواد المغناطيسية والمواد شبه المغناطيسية والمواد المضادة للمغناطيسية (أو اللامغناطيسية) وأما (درجة حرارة كيوري - Tc) فتُعرّف ببساطة بأنها الدرجة الحرارية (المطلقة) التي

تختفي الصفات المغناطيسية للمادة عند وصولها لها، وتحوي ضمنا معنى التضاد بين العزوم المغناطيسية وهو المفهوم الذي استندت عليه (نظرية ويس) واعتمد عليه قانون (كيوري – ويس).

يمكن لقيمة (Tc) أن تكون صفرا لبعض المواد، عندها يتماثل قانونا (كيوري) و(كيوري – ويس) تطبيقاً ويتساويان نتيجةً، كما أنها قد تكون غير ذلك، عندها نتوقع وجود التضادات الفعالة المولدة للعزوم المغناطيسية المتغايرة بين ذراتها المتجاورة، فإذا كانت موجبة فالمادة مغناطيسية تحت درجة حرارة كيوري الخاصة بها، كما ويمكن أن تتحول إلى مادة شبه مغناطيسية بالتسخين إذا ما فاقت درجة حرارتها درجة انتقالية محددة، وأخيرا فإن قانون (كيوري – ويس) لا يطبق إلا على المواد في حالتها شبه المغناطيسية. أي في حالة تسليط مجال مغناطيسي على مادة شبه مغناطيسية أو عند تحويل المادة المغناطيسية إلى شبه مغناطيسية بالتسخين قبل أن تفقدها مغنطتها بالكامل عند حد (درجة كيوري) الخاصة بها.

ترتبط المغناطيسية والكهربائية بصفات مشتركة متبادلة يعتمد على فهمها الإدراك السليم لمعنى ولأهمية قانوني (كيوري) و(كيوري – ويس)، فإذا أمررنا تيارا كهربائيا معلوما في سلك، تولد مجالا مغناطيسيا حوله وإذا ما صادف أن قطع سلك مجالا مغناطيسيا فسيتولد حين ذاك تيارا كهربائيا فيه. ولتسهيل فهم ما سبق ؛ دعنا نتصور أنه بإمكان معظم الذرات أن تتصرف كأقطاب مغناطيسية متناهية في الصغر تحتوي على تيارات كهربائية تدور حولها، فبعض الذرات كالكاربون والخشب والنحاس والرصاص لا تمتلك أي خصائص مغناطيسية بالنظر لكيفية توزيع إلكترونات ذراتها في مداراتها خارج النواة. والبعض الآخر تمتلك صفات مغناطيسية ثابتة (أي أنها ممغنطة بطبيعتها)، على حين قد تمتلك مجموعة ثالثة صفة (شبه المغنطة المغناطيسية) أي أن لها ميلا مغناطيسيا إلا أنها غير ممغنطة في الطبيعة. والآن إذا ما سلطنا مجالا مغناطيسيا كافيا على نموذج من المواد شبه المغناطيسية فإنه سيعمل على إعادة ترتيب العزوم المغناطيسية لتلك الذرات وجعلها موازية لخطوط

المجال ذاته فتعمل بدورها على تقويته. هذا وتتغير قيم هذه الحقول (شبه المغناطيسية) المكتسبة بتغير درجة حرارتها فتقل بارتفاع الحرارة بسبب مفعولها المساعد على زيادة حركة وتذبذب تلك الذرات والمضاد لسهولة تنظيمها. أما ذرات بعض المواد الأخرى مثل الحديد والنيكل والكوبلت والتي تستجيب بشدة للحقول المغناطيسية وهي التي يمكن أن تكتسب قيماً عالية لـ (x) بسبب امتلاكها لعزوم مغناطيسية كبيرة تتمثل بتكتلات ذرية داخلها تسمى (الحدود – Domains) والتي سرعان ما تنتظم لتضم كافة عزومها المغناطيسية الفردية وكأنها متوازية تماما وباتجاهين (شمالي وجنوبي) متطابقين. وكمثال توضيحي لما سبق دعنا نتصور قضيبا حديديا غير ممغنط وقد وضع في مجال مغناطيسي قوي. فهذا القضيب يحتوي على العديد الجم من (العزوم المغناطيسية) غير المنتظمة والمتضادة بالاتجاه الواحدة نسبة لجاراتها. وقد تبلغ(الحدود – Domains) المغناطيسية في بعض المواد أحجاما (كبيرة نسبياً) قد تصل إلى بضعة أجزاء من المليمتر. والآن إذا ما سلطنا المجال المغناطيسي على القضيب فإن (الحدود) المغناطيسية المتغايرة سوف تنتظم وتوازي خطوط الحقل المغناطيسي الخارجي المسلط عليها فتنمو شيئا فشيئا حتى تفوق في عددها العزوم المغناطيسية العشوائية، وهذا ما يؤدي إلى تقوية الحقل المغناطيسي الداخلي بنتيجة تقوية الحقل الخارجي على القضيب الحديدي، ويتم ذلك بالحقيقة بتغيير إحداثيات (الحدود المغناطيسية) الدقيقة فتقل عشوائيتها ويزداد انتظامها. وعند تسليط حقول مغناطيسية قوية جدا على القضيب ستُجبر حينذاك كافة الذرات على تنظيم نفسها بشكل مواز لخطوط الحقل الخارجي فتكتسب مغناطيسية عالية تحتفظ بها طالما احتفظت بدرجة حرارتها دون (درجة حرارة كيوري) الخاصة بها. فإذا ما حدث وأن بلغتها أو فاقتها، أثّرت الحرارة على أواصرها المغناطيسية الرابطة لذراتها فتحلها وتعيدها لعشوائيتها وبذلك تفقد المادة خواصها المغناطيسية بفقدانها (لحدودها) المنظمة لعزومها المغناطيسية. يرينا الجدول رقم (10) درجة حرارة كيوري لبعض المواد المغناطيسية الطبيعية، وكما ذكرنا آنفا فإن جميع هذه المواد تعود للتصرف كمواد شبه مغناطيسية متى ما رُفعت درجة حرارتها فوق (درجة

حرارة كيوري) الخاصة بكل منها.

الجدول رقم (10):

درجة حرارة كيوري لبعض المواد المغناطيسية مقاسة بدرجات حرارة (كلفن) المطلقة:	
المـادة	T_c (°K)
الحديد	1043
النيكل	633
شبيكة الحديد والنيكل (50% لكل منهما)	803
كادولينيوم	293
كلوريد الكادولينيوم	22
منقولة من كتاب D.H.Martin's Magnetism in Solids	

ومن المفيد أن نذكر هنا أنه يمكننا تصنيف كافة المواد والعناصر نسبة لتصرفها المغناطيسي إلى عدة فئات تأخذ استعدادها المغناطيسي بنظر الاعتبار (راجع الجدول رقم (11) على الصفحة الموالية).

تقـع معظم العناصر ضمن فئتـي العناصر المغناطيسية أو شبـه المغناطيسية في درجة حرارة الغرفـة الاعتيادية. وتلاحظ الصفة المغناطيسية الشبيهة بالحديد (ثلاثي التكافؤ – الحديديكية – Ferric) في المركبات عموما، على حين تظهر الصفة المغناطيسية الشبيهة بالحديد (ثنائي التكافـؤ – الحديدوزية– Ferrous) في فلزات معدودة مثل الحديد والكوبلت والنيكل في درجات حرارة مساوية لدرجة حرارة الغرفة الاعتيادية أو تفوقها. أما عند رفع درجة حرارة المواد المذكورة، فستختلف حينذاك في قابلياتها المغناطيسية وتتغير حسب العلاقة المنصوص عليها في (قانون كيوري – ويس).

جدول رقم 11:

تصنيف بعض المواد والعناصر نسبة لتصرفها المغناطيسي:

المادة	استعدادها المغناطيسي X	تصرفها المغناطيسي: عزوم ذراتها المغناطيسي *	تصرفها المغناطيسي: تأثير الحقل المغناطيسي عليها
ثنائية المغناطيسية	ضئيل ، سلبي مثال: X للذهب= −10X2.7 (مرفوعة للقوة − 6)	مفقود	عكسي مع درجة مغنطتها
شبه المغناطيسية	ضئيل ، إيجابي مثال: X للبلاتين= 10X21.0 (مرفوعة للقوة − 6)	عشوائي	طردي مع درجة مغنطتها
المغناطيسية الحديدوزيه (ثنائية التكافؤ)	بينة ، إيجابية وكدالة للحقل المغناطيسي المسلط عليها وتعتمد على كيانها الميكروسكوبي (مثال: X 100000 للحديد)	منظم باتجاه واحد	طردي مع درجة مغنطتها ولكنها سرعان ما تصل إلى حد الإشباع المغناطيسي
المضادة للمغناطيسية	ضئيل أم إيجابي مثال: X للكروم = 10X3.6 (مرفوعة للقوة − 6)	منتظم	طردي مع درجة مغنطتها
المغناطيسية الحديديكية (ثلاثية التكافؤ)	كبير ، موجب وكدالة للحقل المغناطيسي المسلط عليه وتعتمد على كيانها الميكروسكوبي (مثال: X 3 لحديدات الباريوم)	منتظم	طردي مع درجة مغنطتها ولكنها سرعان ما تصل إلى حد الإشباع المغناطيسي

* الصفة المذكورة في هذا الحقل تمثل تصرف عزوم ذراتها المغناطيسي دون تسليط حقل مغناطيسي خارجي عليها منقولة من مجموعة كيمياء السبائك التطبيقية بجامعة برمنكهام تحت عنوان: تصنيف المواد المغناطيسية.

للفضوليين فقط:

• ظل (بيير كوري) خجولا متواضعا محتقراً لقابلياته الذهنية، فقط لأنه لم ينل فرصة الحصول على تعليمه الابتدائي الأساسي، ولكنه في النهاية نال (جائزة نوبل) مع زوجته (ماري) التي حصلت لاحقا على (جائزة نوبل) ثانية مما جعلها أول من حاز أو شارك في حيازة جائزتي نوبل في العالم.

• حصلت ابنة (بيير كوري) وزوجها على (جائزة نوبل) كذلك.

• شهد عام (2006) حصول (روجر كورنبرك – Roger Kornberg) عليها لقاء عمله على استنساخ المعلومات الوراثية فأصبح بذلك سادس ابن ينالها مع أبيه وثامن أب يحصل على الجائزة مع ابنه منذ تأسيسها في عام (1901) على يد (الفريد نوبل) مخترع الديناميت.

أقوال مأثورة:

– لابد من اعتبار كل اكتشاف أو إنجاز علمي (مهما ضؤُل) إنجازا مهماً.

من رسالة أرسلها بيير كوري إلى زوجته ماري عام (1884)
يحثها فيها على الالتحاق به لتحقيق (حلمهما العلمي المشترك).

– لابد لنا من الطعام والشراب والنوم والحب والتمتع بملذات الحياة ما دمنا أحياء، على شرط ألا ننقاد لذلك فلابد لنا عند ممارستنا لكل ما نحب والاستمتاع بكل ما يلذ لنا أن نضع مُثلنا العليا وأفكارنا وقيمنا نصب أعيننا وداخل عقولنا ووجداننا على الدوام. أرى أنك إذا أردت أن تكون عظيما وسعيدا أن تجعل حياتك حلما لا تمله، تتمناه دائما وتعمل على تحقيقه ما دمت حيا.

بيير كوري
quoted in Marie Curie's (Pierre Curie).
مقتطف من كتاب (ماري كوري) الذي ألفته عن زوجها.

– ما برح التساؤل المشروع عن حق الإنسان ومقدار انتفاعه من كشف أسرار الطبيعة يقلقني ويقض مضجعي مذ فكرت بحجم الدمار والخراب والهلاك الذي سينجم إذا ما وقع عنصر الراديوم بأيد أثيمة.

من خطاب (بيير كوري) أمام لجنة منحه لجائزة نوبل
والذي خصصه للكلام عن المواد المشعة والراديوم.

ملخص لسيرة حياة المكتشفين:

[بيير كوري (1859-1906) Pierre Curie] و [بيير ويس - Pierre Weiss 1865-1940]، فيزيائيان فرنسيان وضعا (قانون كيوري) و (قانون كيوري - ويس) والذي يمثل جهدهما المشترك، وينصان **على ارتباط تقبل المواد للمغناطيسية بدرجة حرارتها.**

ذكرنا سابقا أن المقصود (بدرجة حرارة كيوري) هي درجة الحرارة المطلقة التي تتحول عندها المواد المغناطيسية إلى مواد شبه مغناطيسية. فلقد أكد (كيوري) في عام (1895) على العلاقة العكسية (عند نقطة حرارة كيوري) بين القابلية المغناطيسية للمواد ودرجة حرارتها، إلا أن (بيير ويس) تمكن في عام (1907) من إثبات عدم دقة هذه العلاقة، الأمر الذي مكنه من تحوير (قانون كيوري) وجعله ينص على **أن القابلية المغناطيسية لمادة ما تتناسب عكسيا مع الزيادة الحاصلة في حرارتها فوق (نقطة كيوري)** وبذلك جعله أكثر مصداقية في تفسير صفات القابلية المغناطيسية فوق تلك النقطة. ولابد من الإشارة هنا إلى أن تطبيقات (قانون كيوري - ويس) محدودة للمواد بعد تجاوزها (درجة حرارة كيوري) الخاصة بها ولا يصح تطبيقه عند أو تحت تلك الدرجة.

ولد (بيير كيوري) في باريس لأب أحب الفيزياء وجعلها مهنة له. وقد كان لمجهود هذا الوالد في تعليم ولده في البيت وإرشاده إلى أسس التفكير العلمي الأثر البين على الصبي منذ نعومة أظفاره حتى تمكن هذا الأخير من الانضمام إلى الهيئة العلمية في السربون.

كتبت زوجته (ماري) عن سنين حياته الأولى وشبابه في توصيفها لسيرته الذاتية في كتابها **(بيير كيوري)** المنشور عام (1923) تقول فيه:

> **((لعل الغرابة التي امتازت بها حياة (بيير) وروحه هي ما جذبتني إليه، وهي ما اختطه قدره له، وتمحورت حولهما حياة هذا العالم الفذ وحياتي معه... لقد عاش (بيير) طفولته في كنف العائلة ولم يعرف المدرسة الابتدائية، لقد شاء القدر أن يتم تعليمه بالأسلوب المتئد البطيء الحنون الذي بدأته له والدته وأكمله له كل من أبيه وأخيه الأكبر. لم تكن آفاق (بيير) العلمية وعبقريته الذهنية الفذة لتنقاد بسهولة إلى البناء التقليدي للمعرفة الذي يفرضه نظام التعليم التقليدي المنهجي، فلقد اتصفت روحه المتسامية بالانطلاق وروحي أحلامه برفض الانقياد إلى الضغوط الذهنية التي يفرضها نظام التعليم المدرسي الابتدائي الكلاسيكي.**
>
> **لقد تأثر هو كثيرا بذلك وكثيراً ما كان يعترف ببطء فهمه للحقائق وصعوبة تقبله للمعلومة ولكن بمعاشرتي له في حياتنا العلمية والزوجية استطعت الجزم بأن هندسة شخصيته وبناءها**

الفكري كان من العبقرية بحيث تحتم عليه ضرورة التركيز الشديد وبدقة متناهية على موضوع واحد محدد، وكان باتباع طريقته تلك أهلاً للوصول إلى النتائج واستنباط الحقائق المذهلة الباهرة. لم يكن (بيير) من النوع الذي يتحمل المقاطعة في التفكير أو التحويل في المسار فلقد كانت عبقريته انطوائية خلاقه لا تسمح ولا تنقاد أبداً إلى المتغيرات في الظروف الخارجية)).

عشق الشاب اليافع (بيير) الرياضيات وشُغف بالهندسة المجسمة التي كان لها عظيم الأثر في استقطار عبقريته في مجال التصوير البلوري الذي اختص به لاحقا. كان (بيير) وأخوه (جاك) أول من وصف في عام (1880) (الخاصية الكهروميكانيكية – The Electromechanical Property) والتي تتمثل بقابلية بعض البلورات على توليد فرق جهد بين جانبيها إذا ما عُرِّضت لضغط أو إجهاد ميكانيكي معلوم، وتلك هي الظاهرة التي اصطلح على تسميتها (بالبيزو اليكتريستي – Piezoelectricity)[1] وتسمى كذلك (بالظاهرة الكهروميكانيكية) ومن أمثلتها بلورات كل من مادة السيراميك ومادة (العظم الحي) البشري والحيواني.

ولقد تمكن الأخوان لاحقا في عام (1881) من إثبات أن (الظاهرة الكهروميكانيكية) آنفة الذكر هي ظاهرة انعكاسية بمعنى أنه بالإمكان تغير شكل تلك البلورات بتسليط جهد كهربائيّ عليها. وعلى رغم ضآلة ذلك التغيير إلا أنه صار قاعدة مهمة للعديد من التطبيقات العملية في توليد والتحري عن الصوت وفي ضبط وتركيز العديد من الآلات والأجهزة البصرية. برزت أهمية اكتشاف (بيير) للظاهرة الكهروميكانيكية في وقت مبكر حتى صارت أساسا لتصميم واختراع جهاز الحاكي (الفونوغراف) والمصداح (الميكروفون) والأجهزة المافوق صوتية الخاصة بتعقب واكتشاف الغواصات في الأعماق. أما اليوم فتحتل التطبيقات العملية لتلك الظاهرة العديد من المجالات العملية والصناعية والطبية والعسكرية كإنتاج ولاعات السكاير (التي تعتمد على تلك الظاهرة لإنتاج جهد كهربائي كاف لإيقاد شعلة الغاز المخزون داخلها) وأجهزة الموجات فوق الصوتية للأغراض التشخيصية. ويعكف الجيش الأمريكي في الوقت الحالي على اختبار إمكانية استخدام هذه الظاهرة في توليد ما يكفي الجندي من القوة الكهربائية في سوح الوغى بتصميم جزمات قتالية يحوي نعالها على مثل تلك البلورات.

ومن الأفكار الخلاقة الرائدة والفذة (لبيير كيوري) كانت دراسته لظاهرة (التماثل Symmetry) واقتناعه بها، فلقد نشر في عام (1884) مقالته المطولة التي تناول فيها صفة التماثل والتناظر والتكرارية في البلورات والتي سرعان ما تبعها بمقال عن التكرارية في العام الموالي (1885).

(1) Piezo أو Piezein – وهي كلمة إغريقية تعني (الضغط) أو (العصر). (المترجم)

شغُف (بيير) بهذه الظاهرة وأجهد نفسه في دراستها باحثا عن النماذج المتناظرة في الطبيعة وسما بفكره إلى محاولة تعميم أفكاره حتى نقلت عنه زوجته (ماري) قوله إنه كان على يقين من أهمية مبدأ وأفكار (التماثل) المعروفة لدى اختصاصيي البناء البلوري حتى آمن بإمكانية جعلها أحد أركان علم الفيزياء.

نال (بيير كيوري) شهادة الدكتوراه في العلوم عام (1895) عن أطروحته التي تناولت دراساته المستفيضة لأنواع عديدة من المغناطيسية، وسرعان ما عُين أستاذا للفيزياء. تركزت أعماله الأولى بمعية أخيه (جاك) على دراسة (الظاهرة الكهروميكانيكية) و(التصوير البلوري) ولكنه اهتم لاحقا بدراسة المغناطيسية واخترع العديد من الآلات المعقدة التي احتوت على العديد من المقاييس والموازين والبلورات الكهروميكانيكية. لقد تجسدت عبقرية (بيير) وكان له فضل تصميم وبناء (قبان عزوم) خاص لقياس مختلف التأثيرات المغناطيسية والذي تمت الاستفادة منه في الكثير من البحوث من قبل العديد من العلماء، واستمر اهتمامه بالمغناطيسية حتى وضع قانونه الشهير الذي يلخص تأثُر المواد شبه المغناطيسية بالحرارة ويحتوي على الثابت المعروف باسمه كما كان له فضل اكتشاف درجة الحرارة الانتقالية (المعروفة باسم نقطة كيوري – أو درجة حرارة كيوري) والتي تفقد المواد المغناطيسية خاصيتها فوقها.

ولعله من الشيق والممتع الإحاطة بشيء من تاريخ اهتمام (بيير) العظيم بالمغناطيسية والذي ابتدأ منذ عام (1891) حيث استمر ونما حتى توج بحصوله على درجة الدكتوراه عن أطروحته التي حملت ذات المضمون والعنوان. كتبت (ماري كيوري) في كتابها عن سيرة زوجها الذاتية موضحة أهداف زوجها من دراسته للمغناطيسية كاشفة سر ولعه بهذه الظاهرة كما جاء على لسانه قائلة:

((يمكن تصنيف الأجسام إلى صنفين أو فئتين رئيسيتين باعتبار صفاتها المغناطيسية، الأولى مغناطيسية، ولها صفات مغناطيسية قوية أو ضعيفة. والثانية غير المغناطيسية والتي لا تملك تلك الصفة طبيعيا. وقد يتراءى للباحث أنهما صنفان مختلفان تماما من المواد إلا أني اعتقدت بخلاف ذلك ولهذا كان الهدف الأساسي من بحثي هذا هو اكتشاف أي علاقة أو صلة بينهما، وفيما إذا كان بالإمكان تحويل أو نقل (وبأي طريقة ممكنة) إحدى الفئتين إلى الفئة الثانية.

لقد أمضيت وقتا طويلا وبحثت مليا في مواصفات وخصائص العديد الجم من المواد المختلفة وأخضعتها إلى مديات متغايرة من المجالات المغناطيسية عبر أكبر حيز حراري استطعت إدراكه. لم تفلح أي من تجاربي الطويلة والدقيقة والمضنية في إيجاد أي علاقة مهما ضؤلت بين فئتي المواد المغناطيسية وغير المغناطيسية، وبذلك صارت نتائج أبحاثي الموثقة السند العلمي المتين لأصحاب النظرية القائلة بوجوب نشوء كل من المواد المغناطيسية وغير المغناطيسية من طبيعتين مختلفتين تماما على عكس العلاقة بين المواد المغناطيسية وشبه

المغناطيسية والتي أثبتت تجاربي أن العلاقة بينهما بينه وأسسها واضحة)).

ولإظهار جانب من جهود (بيير) المذكورة سابقا وتسليط الضوء على التحديات التي جابهته في تجاربه ما عليك سوى أن تتخيل المخاطر والاحتمالات التي جابهته وهو عاكف على قياساته الدقيقة لمواد قلقه معرضة لدرجات حرارة عالية جداً في أوان زجاجية محكمة!

شهد عام (1894) فجر ميلاد حب (بيير) لزوجته (ماري) حين التقاها ولأول مرة في باريس وهي طالبة بولونية شقراء نحيلة ذات عينين غائرتين ذكيتين لامعتين تصعد سلم السربون بخجل ولكن بإصرار. ولا نجد اليوم ما يعكس جوى الحب المضطرم في فؤاد (بيير) الخجول خيراً من رسالته الغرامية المفعمة بالوجد والذي ألفى نفسه يكتبها (مرغما) بدموع صادقة ساخنة وقلب مكلوم جريح وهو يودعها مسافرة للقاء أبيها المريض في بولندا والتي جاء فيها:

((ألم يقطع قلبانا عهد الوفاء الأبدي؟ ألم نقسم على الوفاء للحب؟ - حبنا الأكبر - فإذا لم يكن هناك تغيير في شعورك نحوي (لأنه حينها وحينها فقط لن يكون لي سلطان على قلبك فالقلب والحب هما (سيدا) الأحرار و(لا إكراه في الحب)..... فأنا أعترف بأني أسيرٌ وسأظل أسيراً لحبك. ولي أن أؤكد أن لحبي لك هدفا وأيما هدف... فأنا أريد لحبك أن يقودنا نحن الاثنين إلى عالم جميل، إلى عالم الأحلام - أعني أحلام الحقيقة - الذي سنحلق فيه مسحورَين مُغيَّبَين بسعادة الحب ومحققين - في ذات الوقت - أحلامنا للوطن وللإنسانية وللعلم. ولهذا الأخير (على ما أعتقد) سنخضع وندين وننتشي فهو خير قدر خُلقنا لنعيش لأجله ولتحقيقه)).

جعل بيير من نفسه راهبا في محراب العلم واعتكف في صومعته فلم يتزوج حتى بلوغه السادسة والثلاثين من العمر، فهو لم يتمكن من تصور وجود (المعادلة) الصحيحة المتوازنة المستقرة لزواجه وحبه الجنوني وولعه المفرط بالعلم الذي نذر نفسه له. لم تتمكن من عقله ومشاعره سوى ماري البولندية - الفتاة الشقراء النحيلة النشطة التي تشع ذكاء وحيوية - فتزوجها في عام (1895). لقد أطال (بيت مور - Pete Moore) في كتابه (E = mc2 - الأفكار العظيمة التي شكلت العالم - The Great Ideas That Shaped Our World: E =mc2) في وصف حالات الحب والوجد التي ربطت بين الاثنين فهو قد نقل نص ما كتبته ماري بحق زوجها (متيّمها) مبينةً شعورها نحوه قائلا: (**كان خير زوج يمكن أن أحلم به، فهو هبةُ السماء لي فلا مثيل له في العالم أجمع وما كنت لأعرف كيف سأمضي حياتي وأكملها بدونه**). كان (بيير) أستاذها، وأغرم بها غرام الأستاذ بتلميذته التي تمنعت وتدللت ثم مالت وأحبت حتى انقادت لصوتي عقلها وقلبها معا فشُغفت به وهامت. ولكن الحق يقال إن صوت العقل كان المتمكن من علاقتها به، فكان العلم رابطهما اللذيذ المفضل

أول الأمر، ثم ما لبثت أن نمت العاطفة بينهما فلفتهما بنشوة بدأت مع العلم ولم يعرفا لها نهاية..!

اكتشف الفيزيائي الفرنسي [انتوني هـنري بكيوريل - Antoine Henri Becquerel 1852-1908] في عام(1896) ظاهرةً فريدة لفتت انتباهه وسرعان ما حازت إعجاب واهتمام (بيـير كيوري وزوجته ماري) فعكفا على دراستهـا، ألا وهي (الظاهرة الإشعاعية الذرية)، لقد وجـد (بيكوريل) أن لأحـد مركبات اليورانيوم خاصية التأثير على ألـواح التصوير الفوتغرافي بصـورة مشابهة لمـا يفعله الضوء في عملية التصوير، فلقد لاحظ وجـود آثار مشابهة على تلك الألواح بعد تظهيرها حتى وإن كانت مغلفة مغلقة، بحيث لا تتأثر بالضوء. عكف (بيير وماري) علـى دراسة هذه الظاهرة وأفنيا نفسيهما في مختبر صغير معـدم التجهيزات أو يكاد... صارعا خلال فترة بحثهما الفقر بساعات طويلة من التدريس الخصوصي للطلبة خارج ساعات الدراسة الرسميـة حتى يحصلان على المصاريف اللازمة لإدامتـه، إذا لم نقل لإيجاد ما يسد رمقهما من طعـام وشراب. أكان مختبرا حقا ذاك الذي شهد ميلاد إنجازهما الخارق؟ وكان يئن ناضحاً كلما ضربته زخاتُ المطر!؟... أمـا الأبخرة السامة المتصاعدة من تجاربهما فكانت تُسحبُ بصمت شيطاني قاتل إلى داخل رئتيهما حيث انعدمت ساحبات الهواء لتقذفه خارجاً بعيداً عنهما!.

تُوجت الجهود المضنيـة للحبيبين في عام(1898) بإعلانهمـا اكتشاف عنصرين جديدين أُضيفـا إلى جـدول العناصر الدوريـة المعروف واللذيـن احتلا المركزيـن (84 و 88) الرابع والثمانين والثامن والثمانين فيه، وهما عنصرا (البولنيوم) و (الراديوم).

ولقـد كان للولع الشديد والجهد المضنـي وللحب الصادق أثر بين ليس فقط على وضع علامات مهمة على طريق(النشاط الإشعاعي) كظاهرة خاصة بالعناصر التي اكتشفاها، وإنما على هذه الظاهرة كرابطـة إنسانية وكرابطة حب بينهما بوجه العموم كذلك، حيـث ظهر أثرها جليا بتسمية العنصر الأول بالراديـوم (ويعني العنصر المشع) والثاني بالبولونيوم تمجيدا من(بيير) لمسقط رأس حبيبته. لقد كان لاكتشافها ذاك العديد من القصص و (الملاحم) التي صارت أصولاً للعديد من المواضيع الشيقة والخطـيرة فبملاحظة مقدار الحرارة المنبعثة من جزيئات الراديوم وضع (بيير) وتلاميذه اللبنة الأولى فيمـا سيسمى لاحقا بـ(علم الطاقة الذرية)، كما أنهما كانا أول من وثـق التأثير الالتهابي الحارق له علـى الأنسجة الحية وأرجعا سببه للتداعيات الذرية للمـواد المشعة، كما كانا أول من اكتشف تأثير المغانيط على سير وانحراف المواد الناتجة من التحلل الذري وبذلك وثقا حقيقة وجود ثلاثة أصناف من المواد المنبعثة من المواد المشعة إحداها موجبة والثانية سالبة الشحنة والثالثة متعادلة.

نشـر (بيير وماري) ما بين عامـي(1899 و 1900) بحثهما الشهير عن النشاط الإشعاعي

للراديوم، ذلك البحث الذي شرحا فيه خصائصه الضوئية والكهربائية والمغناطيسية والكيميائية الأخرى وكان من الجدية والألمعية بحيث قاد كاتبيه مع مساعدهما الدكتور (بيكيولر – Becauerel) إلى منصة استلام (جائزة نوبل) للفيزياء لعام (1903)، حيث جاء في خطاب تعميدهم ما يلي: (**تقديرا لجهودهم المشتركة في الاكتشاف والمعاناة التي خاضاها معا لإماطة اللثام عن ظاهرة الراديوم الإشعاعية**).

قاد الاكتشاف الفريد الزوجين كذلك للحصول على مدالية (ديفي – Davy)[1] التي منحتهما إياها الجمعية الملكية في لندن عام (1903).

نُشر بحث الزوجين في العديد من الدوريات العلمية كنشرة اكاديمية العلوم ومجلة الفيزياء وحوليات الفيزياء والكيمياء. هذا وقد انتخب (بيير) في عام (1905) لعضوية أكاديمية العلوم والتي كانت تمثل منصبا مرموقا وشرفا علميا لا يُعلى عليه لذوي الاكتشافات المرموقة في التاريخ الإنساني.

قُتل (بيير) عام (1906) إثر انفجار رأسه بعد ارتطامه بحافة الطريق إثر حادث عربة صدمته في باريس بعد خروجه منهكا من مختبره في ليلة ليلاءٍ ممطرة، وبذلك تناثرت حجيرات دماغ يندر أن يجود القدر بها، ومازجت خلاياه الممزقة وعظام جمجمته المحطمة أوحال ذلك الزقاق الباريسي المظلم وأوساخه واضعة نهاية حزينة لحياته وللسعادة التي سكنت قلب محبوبته أيضا. لقد كان القدر محاصراً لـ(بيير)، فلو لم يكن قد مات بهذه الطريقة لكان قد مات كما ماتت زوجته (ماري) بعد عدة سنوات بمرض سرطان الدم الناتج عن التعرض الفائق (للراديوم) وإشعاعاته خلال سنوات البحث والتنقية والجهاد المشترك، ولعلك لا تصدق مدى ولع أو جنون (بيير) بنشوة بحثه وافتتانه (بالراديوم) الذي اكتشفه، فلقد بلغ هوسه به الدرجة التي قادته إلى تعريض ذراعه لساعات طوال للإشعاع القاتل ليلاحظ تأثر أنسجته بالإشعاع وظهور الحروق الذرية عليها، كي يدرسها مليّاً بنفسه... ثم لينتشي طويلا بعد ذلك بملاحقة الأيام الطوال اللازمة لشفاء تلك الحروق التي احتاجت أشهراً لتندمل بكل ما لفها من آلام وتقرحات، وليالٍ جافى النوم أجفانه فيها!.

(1) The Davy Medal – وهي الميدالية التي تمنحها (الجمعية الملكية في لندن) سنوياً (لأحدث إنجاز علمي خلاق في أي من مجالات علم الكيمياء). اتخذت اسمها من اسم العالم الجليل [السير همفري ديفي (1829-1778) Hemphry Davy] وتتألف من ميدالية معدنية مع جائزة مادية بقيمة (1000 باوند أسترليني). منحت هذه الميدالية لأول مرة في عام (1877) لكل من (روبرت ولهلم بنصن) و(روبرت كرتهوف) وذلك عن أبحاثهما واكتشافاتهما في حقل التحليل الطيفي (Spectrum Analysis). لم يتوقف منح هذه الميدالية أبداً على مر الزمن وهي بذلك قد فاقت الميدالية التي تمنحها (الجمعية الملكية) والمسماة بمدالية (هوكز – Hughes). هذا وقد تم منحها ولحد الآن (131) مرة، آخرها كان للعالم الأسكوتلاندي [جيمس فريزر ستودارت (المولود عام 1942) James Fraser Stoddart] وذلك لمساهماته في مجال التقنية الجزيئية. (المترجم)

ذكـرت الكاتبة (باربارا كولدسمث – Barbara Goldswith) مؤلفة كتاب (العبقرية المتلبسـة بالجنون) مـا خلف كواليس حياة (مـاري كيوري) تصف اللامبـالاة التي تلبست الزوجـين في تعاملهما مع (الراديوم) المشع مقارنة بمعايير السلامة المهنية الصارمة المتبعة الآن في التعامـل مع المـواد المشعة، فلقـد وصفـت زيارة الفيزيائي (ارنست رذرفورد – Ernest Rutherford) للزوجين واحتفاله معهما بوليدهما الشيطاني الجديد قائلة:

((انتهت مراسيم العشاء، وقد كانت رائعةً لا تنسى ودارت فناجين الشاي[1] على الجميع حتى احتسـوها ممزوجة بسـعادة الرضـا وحبور النقاش العلمي الودود ثـم ما لبثوا أن انقادوا لجولة مسـائية مستمتعين بالهدوء الذي جلبته سـدول الليل الجميل كأميرة نائمة موشـحة بالطمأنينة ويلفها السـكون، ثم ما لبث أن مد (بيير) يـده إلى جيبه حيث كانت تستريح (ومنذ زمن!) زجاجة رفعها عاليا في الهواء فإذا هي لماعة وهاجة ترسل ضياءً خافتاً أخاذاً فاتناً. أضاء أنبوب (بروميد الراديوم) وجه (ماري) المنهك كما أضاء كافة التجاعيد والحفر والقروح التي لاحظها (رذرفورد) على يد بيير وأصابعه شبه المدمرة من أثره!)).

قـررت هيئة العلوم تعيين (ماري) في كرسي زوجها المتوفى تقديراً لها وإجلالاً له ولضمان استمرار العمل الذي بدآه، كما أحيت الجمعية الفرنسية للعلوم في عام (1908) ذكرى فقيدها العزيز (بيير) بعد وفاته بإعادة طبع ونشر أعماله العلمية الكاملة بمجلد واحد ضم ما يقارب (600) صفحة.

استمـرت ماري بعملهـا الذي نذرت حياتها مـن أجله حتى توجته بحصولهـا على جائزة نوبل في عـام (1911) (تقديـرا لجهودها المتميزة في تقدم علـم الكيمياء باكتشافها لعنصـري (الراديوم) و(البولونيوم) وتمكنها من عزل عنصر (الراديوم) ودراستها لطبيعة ومركبات هذا العنصر الفذ) وبذلك نقشـت (ماري) اسمها في سجل الخالدين كأول شخص يحصل على (جائزة نوبل) لمرتين في العالم. ولعـل في الذكر المختصر لسيرة هـذه العائلـة وأبنائهـا ما ينير الدرب لـكل طموحٍ مثابرٍ، فلم تتوفر لهـم الكثير من الإمكانيات المادية ولكنهـم تمكنوا مما لم يتمكن منه بقية المترفين. حصلت ابنة (ماري وبيـير) الكبرى [ايرين (1897–1956) Irene] وزوجها العالم الفيزيائي الفرنسي [جين فردريك جوليـو (1900–1958) Jean Frederic Joliot] على جائزة نوبل للكيمياء عام (1935) كما اشتهـرت ابنتهما الصغرى (ايفا) بكتابتها قصة حيـاة والدتها وتاريخ معاناتها وإنجازاتها والذي نشر في عام (1938) بعنوان (مدام كيوري). ولعل رغبة كتابة الابنة عن أمها يعود إلى رغبة الأم بالكتابة

(1) The Joyful Toasts – في أصل النص. (المترجم).

عن زوجها، فقد سبق الإشارة إلى أن (ماري) كانت قد كتبت سيرة حياة زوجها (بيير) والتي ضمّنتها معاناتهــا معه كعالِمين عانا الكثير من الحرمان المادي والمآسي وانعدام المساعدة والإسناد في بحوثهما العلمية حتى تمكنا من شق طريقهما نحو الشهرة والجائزة والخلود في ضمائر الناجحين.

لم يعــان أحد كمــا عانت هذه العائلة المثابرة، وقــد يصدق عليها المثل القائل بــأن (الحقيقة أغرب من الخيــال) ولعله من الصعوبة بمكان تصور الثمن الفادح من التعب والإرهاق والمال والصحة الذي كانت هــذه العائلة قد بذلته مع من عمل معهــا ورافقها في طريق الكفاح ورحلة اكتشاف المجهول وفتح باب العلــم على (ظاهرة النشاط الإشعاعي) كما لم يُفتح من قبل، فلقد عانت مساعدة ماري (بلانش وتمن - Blanche Wittman) من آثار التسمم الإشعاعي نتيجة تعرضها المستمر لتلك المواد لدرجة أدت إلى بتر كلا ساقيها وذراعها الأيسر ولم تُر بعد ذلك إلا وكأنها مسخ مشوه - ككتلة لحمية على كرسي متحرك لا تــكاد ترى منها إلا ذراعاً متحركاً واحداً ووجهاً مشوهاً حزيناً. لقد تعاطفت (ماري) مع مساعدتها أشد التعاطف وأسكنتها معها في شقتها حتى وافاها أجلها المحتوم بعد آلام مبرحة في عام (1913).

ولعــل في الرواية الواقعية التي كتبها (بر اولوف انكوست - Per Olov Enqvist) والتي نُشرت في عــام (2006) بعنوان (كتاب ماري وبلانش) شيء من حقيقة ما جابهته هاتان السيدتان الفريدتان مــن معاناة وألم وما مــرا به من أهوال وصعاب وهي رواية مؤثرة استمد العديد من الكتاب أمثال (لوان كانز - Luan Gaines) مادة سلسلة غنية منها فصارت مثلا للكفاح العلمي اللامحدود.

كتب (لوان كينز - Luan Gaines) يصف ما عانته الآنسة (وتمن - Wittmen) يقول:

((لعل بإمكانك تصــور ذلك المشــهد المأســاوي الحزين والملفوف بالألم والمحاط بشــياطين الموت لرأســي امرأتين عاكفتين على معالجة مئات الكيلوغرامات من تلك المادة الشــيطانية القاتلة ذات الأبخرة السامة غير المرئية والإشعاعات الخفية المهلكة والتي طمست (وكأنها السحر الأسود المشؤوم) كامل جمال (بلانش) الآسر وقضمت وشوهت يد (ماري) اليمنى ومســخت وجههــا. لقد لفت روح الصــداقة وأجنحتها وظلال التضــحية ومودتها هاتين (الأختــين) وهما تواجهان - وببهجة طاغية!! هذا الشــيطان المتوهــج الآسر، الذي لم يترك المرأة الجميلة الجذابة (بلانش) إلا وهي مجرد مســخ برأسٍ حائرٍ وجسدٍ مترهل بلا أطراف، اللهم إلا بعض أصابع يدها اليمنى التي أبت إلا أن تخطّ (وبإصرار قل نظيره) أفكارها وسيرة حياتها بملحمة خالدة ســطرتها بدمها قبل دموعها وعمدتها بصــبرها وبآلامها وروت فيها صراعها مع هذا المارد الخفي المهلك، بل مع الطاغوت الجديد الذي لم يكن بالحقيقة ســوى الموت بعينه، ذلك القدر الذي عاشت معه وعاصرته وراقبته وهو يُترعها كأس المنون الذي

تجرعته، وشعرت به وهو يتغلغل بين ثنايا جسدها ويقضم خلاياها الواحدة تلو الأخرى)).

وبإمكانك الآن تصور الخطر الذي كان قد أحاط بالمرأتين والموت الزوآم الذي تسلل إليهما (عبر كل شهيق هـواء وكل مسامة جلد) وهما غافلتان عنه تماماً، إذا علمت أن عملية إعادة تأهيل الأوراق والمذكرات والمصادر التي كانت تضعها (ماري) على طاولتها وتُقَلِّبها بأصابعها قـد استغرقت ما لا يقل عن العامين الكاملين من المعالجة والتنقية لإزالة الآثار المشعة لعنصر (الراديوم) عنها والتي كانت قد تلوثت بها قبل ان يُسمح بإدخالها إلى المكتبة الوطنية الفرنسية حوالي عام (1995) وعرضها للاطلاع عليها والاستفادة منها من قبل رُوادها والباحثين.

ولـد (بيير ويس – Pierre Weiss) عـام (1865) في مدينة ملهاوس (Mulhouse) الفرنسيـة لأب امتهن الخياطةَ في أحد متاجر الأقمشةِ. واشتهر بنظرياته عن المغناطيسية التي شملـت ملاحظة ومحاولة تفسير العديد من الظواهر ذوات العلاقة كظاهرة الاختفاء المفاجئ لمغناطيسية المواد الممغنطة طبيعيا عند تسخينها لما يفوق (درجة كيوري).

تخرج (ويس) عام (1887) الأول على صفه حاصلا على درجة الإجازة في الهندسة من (معهد البوليتكتيـك)، وفي عـام (1902) أصبح أستاذا ومديرا لمختبرات الفيزيـاء في ذات المعهد. وكما سبـق ذكره فقـد تمكن (ويس) هذا من تحوير قانـون (كيوري) للمغناطيسيـة وجعله أكثر عمومية بشمولـه تفسير تصـرف المواد شبه المغناطيسية لمـا فوق (درجة كيوري) الخاصـة بها. وتمكن بعد إدراكـه لموضوع المغناطيسية وفهمه العميـق له من وضع تصوره الشهير عام (1907) حول ماهية المغناطيسيـة الطبيعية ونظريتهـا التي افترضت (وباختصار) احتواء كافة المـواد المغناطيسية الدائمة علـى وحدات مغناطيسية صغيرة مفـردة، سميت لاحقاً بـ (الحـدود المغناطيسية – Magnetic Domains). كما توصل كذلك في عام (1918) إلى اكتشاف الظاهرة الكهروحرارية واستطاع أن يربطهـا بقوانين الديناميكية الحرارية المعروفة آنـذاك واستطاع بذلك حساب التغيرات الطارئة على درجة حرارة المواد المعرضة لتغيرات محسوسة في المجال المغناطيسي المسلط عليها.

لا نعـرف إلا النـزر اليسير عن الحياة الشخصية لـ (ويس) هذا وكل ما نعرفه هـو أنه كان قد تزوج مـن المدعوة (جين رانسس – Jane Rances) ذات الأصول الإنكليزية من ناحية والدتها، أما هيئته فكانت مهيبةً بطوله الفارع وشاربه الكث. رُزق بابنة جميلة اسماها (نيكول) والتي تزوجـت فـي عـام (1938) مـن الرياضـي الفرنسـي الشهير [هنري كارتـان [Henri Cartan (1904–2008) الذي اشتهر بإسهاماته الفذة التي كانت حجر الأساس في تطوير نظرية الدوال التحليلية. توفيت زوجته

عام (1919) ولم يتزوج بعدها إلا في عام (1922) من (مارثا كلين – Martha Klwin) والتي كانت خريجة جامعية حاصلة على شهادة الامتياز في تدريس الفيزياء، وعملت كفني شعاعي تشخيصي. أما أشهر ما عُرفت به (مارثا) فهو تفهمها للصعوبات التي وُضعت لعرقلة تقدم المرأة العلمي في أوائل القرن العشرين وكانت قد عكست ذلك في رسالتها الشهيرة المنشورة في عام (1919) والتي صاغت فيها معاناتها ومعاناة بنات جلدتها من اضطرارهن للابتعاد عن اختصاصاتهن وممارسة أعمال أخرى مغايرة أو حتى مناقضة... تفادياً للبطالة وطلبا للقمة العيش المرير لا غير!

كتبت (مارثا) قائلة: (لقد أجبروني على تدريس مادة التاريخ الطبيعي لطالبات المرحلة الابتدائية اللائي لا تتجاوز أعمارهن الـ (10 – 14) عاماً وإمعاناً في إبعادي عن تخصصي في تدريس الفيزياء فلقد وجدت نفسي مرغمة (وفي أحيان كثيرة) على تدريس مواد مثل الاقتصاد المنزلي الذي لا أُطيقه!!).

لتوضيح أهمية الفكر الخلاق الذي حمله (ويس) والذي استنبط بفضله فكرة وجود (الكتل أو الوحدات المغناطيسية واعتبارها أساساً للبناء المغناطيسي للمواد التي تمتاز بها، كتب (يتينيه دو تريموليه – Etienne Du Tremolet) وزملائه مقالة في دورية (أسس المغناطيسية) جاء فيها:

((افترض (ويس) وجود تكتلات مغناطيسية دقيقة على المستوى الميكروي (أي بأبعاد تقارب الواحد من المليون من المتر – أو الواحد من الألف من المليمتر) تتموضع داخل المواد دائمة المغناطيسية وتمتاز باتخاذها قطبية ثنائية (سالبة – موجبة أو شمالية – جنوبية) وتعتبر هذه التكتلات هي المصدر الأساسي للمغناطيسية الطبيعية (فهي ممغنطة بطبيعتها) ولكن لا يعني ذلك بالضرورة اصطفاف (كافة) تكتلاتها الدقيقة على قدم المساواة بالطور، ولا على هيئة التطابق في القطبية. ولهذا نجد الحاصل العام لتأثيرها المغناطيسي يكاد يكون صفرا بالنظر لعدم تكوين أي عزوم مغناطيسية ملموسة لها ولذلك تظهر تلك المواد وكأنها عديمة المغناطيسية)).

أُطلق اسم (تكتلات ويس) على هذه التكتلات المغناطيسية الميكروية الدقيقة التي اقترحها اعترافاً بفضله، ويعتقد اليوم أنها غالبا ما تكون مفصولة بمستويات وأسطح تسمى (أسطح بلوخ The Bloch Walls) والتي تتألف من عدد معين من المستويات الذرية والتي يفترض أن تكون مسؤولة عن إعادة توجيه العزوم المغناطيسية المتناثرة والتي غالبا ما تمر من كتلة مغناطيسية إلى أخرى عبر تلك المستويات.

ولعل خير ما نُنهي به مواساتنا لأنفسنا عن عالمنا الفذ (بيير كيوري) هو بالعودة إلى مأساة وفاته تلك الفاجعة التي حطمت كيان (ماري) زوجته، وأَكلَمَت قلبها، بل وهزت كيان المجتمع العلمي

الفرنسي قاطبة في ذلك الوقت، وبالإمكان تصور حجم تلك الفاجعة التي ألمت بالأكاديميين والأساتذة والعلماء بمراجعة واحدة من عشرات رسائل النعي والذكريات التي استلمتها (ماري) بعد وفاة زوجها وحرصت على نشر مختصراتها. ولعلي أكتفي هنا بما جادت به قريحةُ صديقة الرياضي الفرنسي الشهير [هنري بونكاغ 1912–1854 (Henri Poincare)] والتي جاء فيها:

((جلست إلى جانبه أحاوره حتى أوشكت أحجار موقده الحجري الأنيق، الحاضنة لجذوة ناره أن تُواري بحنان بقايا ذؤيبات اللهب الموشكة على الأفول وكأنها قد فضلت النوم مبكرة تلك الليلة!. رحل نور الموقد (أو أوشك) ولكأن القدر يوشك بدوره على الإيذان برحيل نور بشري أثير إثر رحيل وخبو تلك الذؤيبات المنيرة... تكلم بطلاقة وانفتاح أفق حتى انسابت أفكاره متسلسلة مرتبة وفاقت حدود الواقع والخيال حتى لكأنني كنت أستمع لصوت آت من عالم آخر أو لكأني كنت أطير مع أحاديثه على أجنحة من النشوة زُيّنتْ بحقائق العلم. لقد كانت أفكارُه غنيةً ثَرّةً وكانت آراؤه عميقة ثاقبة، فلقد اكتسب ذهنه تلك الطريقة الساحرة المبينة في التعامل مع الظواهر والأحداث والتي لا تترك لك إلا مجال الإعجاب بتسلسل تلك الأفكار والانبهار بذاك الذهن النير المعطاء. لقد تسمر عقلي في تلك الليلة خاشعاً وذُهلت بصيرتي مفتونةً بعظمة الفكر الإنساني وتجلياته الباهرة في الرجل - ولكأنه كان ينطق بصوت الوحي - الذي رفعه إليه في مساء الليلة الموالية - لقد كان ذكاؤه الوقّاد يتراءى أمامي ككلمات وجمل وكحقائق تكاد يداي أن تجسها وتكاد عيناي أن تحسها كما تحسان بضوء فلق الصباح. ولكن الذي دك مسمعي وأرعد كياني هو خبر الحادث الذي شهده رصيف طريق مختبره في مساء اليوم التالي، والذي محا ليس نور الأمل في نفسي من إكمال التفكير والبحث بما حدثني به وإنما قضى على آخر بصيص نور من حياة ذلك العقل الوقاد وذلك الإنسان الفذ الذي ودعني بعد أن أودعني حمل هذه الأفكار في تلك الليلة!.

ذكرتني ركلة الحصان الهائج التي فجرت دماغ (بيير) بعد أن صدعته بحافة الرصيف المبتلة بمياه المطر الموحلة والملوثة ببقايا النفايات القذرة بتفاهة الأفكار العظيمة وضآلتها في مواجهة جحافل الظلام والقوى العمياء الغاشمة التي تصول وتجول بلا وازع ولا رادع ولا هاد في أرجاء الكون مكتسحة وطامسة أمامها كل ما تجده من خير ونور!)).

لم يجد علماء فرنسا والعالم أجمع غير الكلام لينعوا به هذه الشخصية الخالدة رغم جهودهم البينة في إسباغ ما استطاعوا عليه من آيات الاحترام والتبجيل فلم يبق في بلدنا مواطنا واحدا مهما كان

جهلــه بالعلم والعلماء إلا وقد اعتصَرت روحه اللوعة وعــم قلبه القنوط للخسارة الجسيمة التي لحقت الأمــة والعالم بخســارة هذه المنارة العلميــة والإنسانية التي قل أن يجود الزمان بهــا. لم ينظر (بيير) ولا العظمــاء وأمثالــه إلى داخل أنفسهــم ولا إلى أسطح الظواهر التي درسوها وإنمــا كان لهم قابلية الولوج إلى أعمــاق الأشيــاء والنظر إلى دواخلها ومضامينها محاولين فهم أسرارها. لقد كان لمزيج الحب والعمل نتائجه السحرية الباهرة، فلقد عشق (بيير) الكمال وجعله ديدنه الأعلى وتشرّبَ بحبه لعمله حتى كان عمله هو حياته نفسها... فتطابقا، ولقد ضرب لنا أسطع الأمثلة على عظمة الإنجاز وروعة الإبداع إذا مــا أحــب الإنسان الحقيقة وسعى لها سعيها وهو مؤمن بها. لعل (بيير) كان متذبذبا في بعض معتقداته الدينيــة، ولكن إيمانه الراسخ بالحق والفضيلة والصــدق في المشاعر والإخلاص في العمل كنّ الصفات اللآئي أوصلته إلى إنجازاته، وفي ذلك خير عنوان لعمق احترامنا له.

سميــت إحدى فُوّهات القمر بقطر (151 كيلومترا) باسمه تقديراً له، وتمت المصادقة على ذلك في عام (1970) من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالمية.

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Applied Alloy Chemistry Group. "Classification of Magnetic Materials." University of Birmingham; see www.aacg.bham.ac.uk/magnetic materials/type.htm#Diamagnetism#Diamagnetism.

Curie, Marie. *Pierre Curie*, Charlotte and Vernon Kellogg, translators (New York: Macmillan, 1923); see etext.lib.virginia.edu/toc/modeng/public/CurPier.html.

De Lacheisserie, Etienne Du Tremolet, Damien Gignoux, and Michel Schlenker. *Magnetism: Fundamentals* (New York: Springer, 2004).

Enquist, Per Olov. *The Book about Blanche and Marie* (New York: Overlook Press, 2006).

Gaines, Luan. "Book Review of *The Book about Blanche and Marie*." *Curled Up with a Good Book* (e-zine); see www.curledup.com/blanchem.htm.

Goldsmith, Barbara. *Obsessive Genius: The Inner World of Marie Curie* (New York: W. W. Norton, 2004)

Martin, D. H., *Magnetism in Solids* (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1967).

Moore, Pete. *$E = mc^2$ The Great Ideas That Shaped Our World* (New York: Sterling Publishing, 2005).

Nobel Foundation. "Pierre Curie Biography." in *Nobel Lectures, Physics 1901–1921* (Amsterdam: Elsevier Publishing Company, 1967); see nobelprize.org/physics/laureates/1903/pierre-curie-bio.html.

Perrin, Francis. "Pierre Weiss." in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Prepost, R., "Ferromagnetism—the Curie Temperature of Gadolinium." University of Wisconsin; see www.hep.wisc.edu/~prepost/407/curie/curie.pdf.

Wyart, Jean, "Pierre Curie." in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970)

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

- للرياضيات العالمية رموزها الخاصة والتي قد تظهر معقدة وغير مفهومة لغير المختص ولكن رغم ذلك أيمكننا أن نساوي بين تعقيداتها وإبهامها وبين فوضى ذات الرموز إذا ما اصطفت عشوائيا بعد رفس جردل مملوء بها من قبل أحد المجانين؟

بيل

Eric Terple Bell quoted in J.R. Newman's "The World of Mathematics"

ما اختاره (نيومن) من قوله في كتاب (عالم الرياضيات).

- لا يوجد بين طيات الكتب وصفحات المجلدات إلا النزر اليسير من أمهات القوانين، كونية التطبيق من العيار الثقيل أمثال (قانون قوى نيوتن الثاني):

$$F(x،t) = m(x).\ d^2s(x،t) / dt^2$$

ولكن يوجد هناك الكثير من القوانين التي تحكم لنا بعض (القوى الخاصة) كقوانين التجاذب بين الأجرام وبين الشحنات الكهربائية.

أنا لا أشكك بصحة قوانين الفيزياء التي وضعناها ولكن لي أن أقول إنها لا تفسر لنا ماهية القوة الفاعلة، فهي لا توضح لنا أياً من القوى هي المبادرة وأياً من القوى هي التابعة لها، أما قوانين الأنظمة التي تفسر لنا أنظمة محدودة ضمن إطار زمني معلوم (Δt) فهي تعتمد على تعاريف محددة وخصوصيات مقننة للقوى الفعالة ضمنها؛ ولعل في قوانين (كبلر - Kepler) لمدارات الكواكب الإهليجية والنظرية الموجية الكلاسيكية أمثلة بينة على ذلك.

شرز

Gerhard Schurz، Normic Laws، Non - Monotonic Reasoning، and the Unity of Science.

مقتطف من كتابه (القوانين الطبيعية والسببية اللاأحادية ووحدة العلوم).

- لعلك توافقني الرأي بوجود جدران كاملة في مكتبات ضخمة عامرة بالأعداد الهائلة من الرفوف التي تنوء بحمل الآلاف من كتب الإلكترونيات والكم والكهربائية الكمية... ولكني على يقين من استحالة وجود أي كتاب من بينها، يضم بين دفتيه التعريف العلمي الصحيح والدقيق (للالكترون) لسبب بسيط، واضح جلي.... وهو إننا لا نملك أدنى تصور عن ما هيته!.

انك

Vincent Icke، The Force of Symmetry.

مقتطف من كتابه (قوة التماثل).

– أنا على يقين ليس فقط من (موضوع الإله) وتصرفه العشوائي بالكون (حسب مبدأ العشوائية أو لعبة النرد) فحسب، وإنما لا أستطيع تخيل وجود الكون أصلا بدون ذلك! فالعشوائية تحتوينا من كافة الأوجه وتلفنـا مـن كل الزوايا فهي فينا وحولنا وفي كل شـيء وفي كل مكان. ولعلـي أكاد أجزم بكونها (هي) مصـدر وجودنا، فالخصائص الكميمية عشوائية بلا سـبب معروف وإليها يعود فضل (كينونة) الوجود فهـي تلهو بطرق كل الأبواب وباكتشـاف كل الاحتمالات الممكنة للتطـور وتجيء بها من خلال طيات الوجود وتسطرها على صفحات الزمن.

شون

Marcus Chown. "It's All Down to a Roll of the Dice"

New scientist (oxcerpts of Interview with Stephen Hsu and Nick Evans).

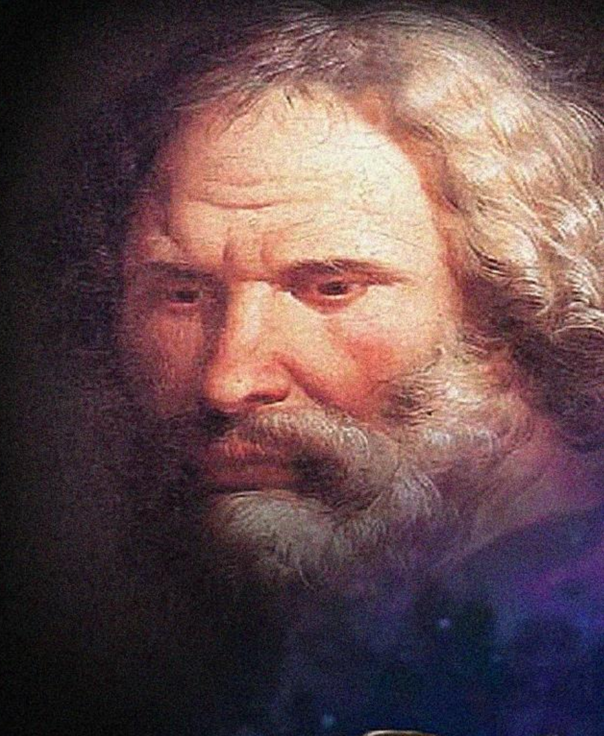
مقتطف من مقالة نشرت في مجلة (نيوسينتست) بعنوان (لعلها بأجمعها ضربة حظ

العربية

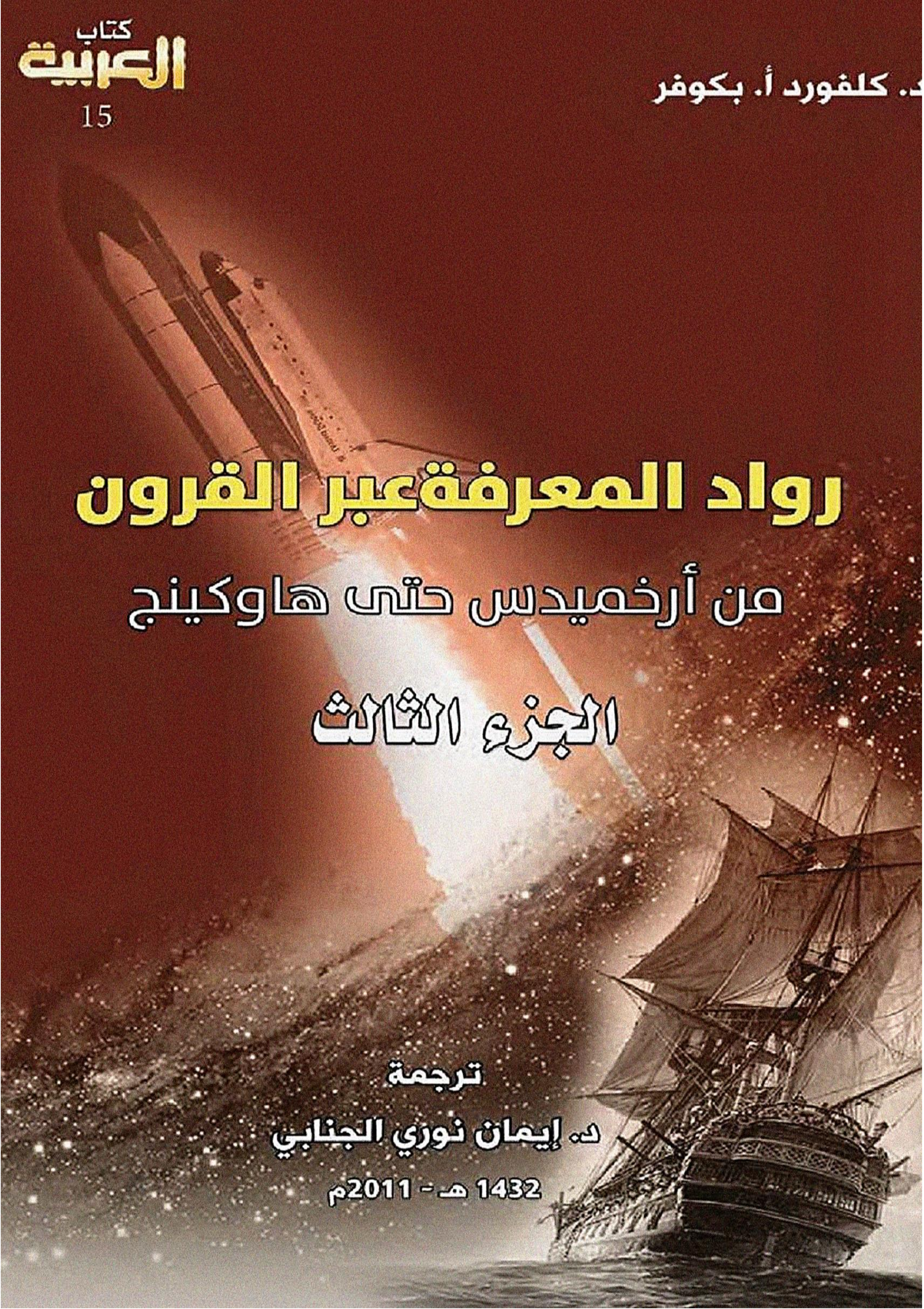
الكتاب عبارة عن سفر غني ثرّ مثل جولات مستفيضة ومختصرة ومناقشات مفهومة وأخر غامضة، وسجالات ناجحة وغيرها فاشلة.. ما بين مبدعين أقل ما وصفوا به هو الألمعية والعبقرية.

سيقاد ذهنك ويؤخذ لبك في رحلة شيقة معطاء ليس أقلها التعرف على (معنى الحقيقة حقاً!)، و(متى سيكتشف القانون الأخير في الكون؟)، وكيف تتذوق (إثبات جمال الرياضيات ورشاقتها)، و(إدراك فضلها على سائر العلوم)، فضلاً عن معرفة (الأماكن التي عاش فيها مكتشفو القوانين ومبدعوها) ومعايشة (صبرهم ومعاناتهم) ومن ثم اكتشاف سر (أشهر عشر معادلات رياضية حملتها طوابع نيكاراجوا البريدية)!.

كما ستتعرف على مبدأ الشك (لهيزنبرك)، والمعادلات الموجية (لشرودنجر)، ومعادلات المجال (لأينشتين) ونظريته في النسبية، وما يراه (هاوكنج) بصدد هندسة ومصير الكون وتوصيفه لثقوبه السوداء، و(دلو) لتطورها البيولوجي، وعشرات غيرها.







كتاب العربية
15

د. كلفورد أ. بكوفر

رواد المعرفة عبر القرون

من أرخميدس حتى هاوكينج

الجزء الثالث

ترجمة
د. إيمان نوري الجنابي

1432 هـ - 2011م

بسم الله الرحمن الرحيم

الجزء الثالث

رواد المعرفة عبر القرون

من أرخميدس حتى هاوكنج

ح وزارة الثقافة والإعلام، المجلة العربية، 1432هـ
فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
بكوفر. كلفورد أ.
رواد العلم عبر القرون من أرخميدس حتى هاوكنج/ كلفورد أ.
بكوفر . الرياض، 1432هـ
3 مج.
1076ص : 23.5x15.5 سم
ردمك 978-603-8079-02-7 (مجموعة)
978-603-8079-05-8 (ج3)
1 - العلماء 2 - العلوم - تراجم أ. العنوان
ديوي 925 1432/820

رقم الإيداع: 1432/820
ردمك: 978-603-8079-02-7 (مجموعة)
978-603-8079-05-8 (ج3)

قوانين العلوم والعقول الجبارة التي أبدعتها

ARCHIMEDES
TO HAWKING
CLIFFORD A.
PICKOVER
Oxford
UNIVERSITY PRESS
2008

رواد المعرفة عبر القرون

من أرخميدس حتى هاوكنج

تأليف

د. كلفورد أ. بكوفر

ترجمة

الدكتور إيمان نوري الجنابي

الطبعة الأولى

1432هـ - 2011 م

كتاب العربي

15

كتاب

العربية

15

رئيس التحرير

د. عثمان الصيني

www.arabicmagazine.com

لمراسلة المجلة على الإنترنت

info@arabicmagazine.com

الرياض: طريق صلاح الدين الأيوبي (الستين) - شارع المنفلوطي

تليفون: 966-1-4778990 فاكس: 966-1-4766464

ص.ب 5973 الرياض 11432

الفصل الرابع

القرن العشرون وما بعده – (2000 - ...)

الباب الثالث

الفصل الأول

قوانين الحقبة الزمنية (1600 - 1700)

الفصل الثاني

قوانين الحقبة الزمنية (1700 - 1800)

الفصل الثالث

قوانين الحقبة الزمنية (1800 - 1900)

الفصل الرابع

القرن العشرون (1900 ... وما بعده)

الباب الرابــــع

الفصـــل الأول

– مسك الختــام –

الفصل الثاني

الباب الثاني

الفصل الرابع

القرن العشرون وما بعده

1900 AND BEYOND

القرن العشرون 1900 وما بعده

أفكار للتأمل

– لا يشك أحد بأن وجود الكون كان قد سبق وسيظل باقيا بعد فناء الإنسان. ولكن ثمة متناقضة تقض مضاجع المفكرين والعلماء وهي استحالة التفكير بالكون ومكوناته وأسراره وعجائبه وحتى صغائره إلا في حدود علاقته بالبشر (فعقله هو الذي صوره) فلا معنى للغة وقوانين الفيزياء والرياضيات بلا وجود فكرة المراقب الذي يعيه... والمشكلة أن هذا المراقب (وهو الإنسان) ما هو إلا مخلوق طارئ في هذا الكون المترامي، وجد متأخرا فيه ولم ينضج تفكيره ليعي ما حوله إلا في حوالي المئة سنة الماضية، (كما لا يشك أحد بأن وجود الكون كان قد سبق وسيظل باقيا بعد فنائه!).

فراين

Michael Fragn، quoted in (All the World's a Stage)، New Scientist، Septeunber 23، 2006.

مقتطفة من مقالة له في مجلة (نيوسينتست) بعنوان (ما العالم إلا مسرح).

– تستمد دقة قوانين أي نظام من مجمل الخزين المعلوماتي فيه، وقد دلت الملاحظات والتجارب على أن للكون الذي نعيش فيه قابلية ذاتية (لضبط) وتعديل نفسه على الدوام. فإذا لم نفترض وجود قوانين الفيزياء (خارجه) – وجود مراقب ما خارج نظامه ضروري لاعتماد دقة قياساته – وإنما هي جزء منه فإنها (والحال كذلك) ستحكم بقوانينه وعندها ستستمد دقتها من كامل خزينه المعلوماتي فيه، والذي يعتمد بدوره على حجمه. ولذا لابد لنا أن نستنتج أنه وعند الثواني الأولى بعد (الانفجار الكبير) وعندما كان الكون لا يزال متناهيا في الصغر وكان لايزال محجورا بحيز ضيق جدا من الفراغ فلابد أن تكون قوانينه آنذاك قد عانت من شيء من الاضطراب وعدم الدقة مقارنة بقوانيننا اليوم، وبعبارة أصح لابد وأن تكون قوانين الثواني الأولى بعد الانفجار الكبير غير تلك التي تحكمه اليوم.

باري

Patrick Barry، (What's Done is Done)، New Scientist، September 30، 2006.

من مقالة له في (نيوسينتست) بعنوان (ما تم قد تم).

- كـــان الـكــــــون وكـــان كـلــــــه ظــلامْ

خُـلـق (نـيـوتـن) فـبـانـت بـولادتـه الأعــــلام[1]

بوب

Alexander Pope، (Epitaph Intended for Sir Isaac Newton).

- هـــــدأ الـلـغـط واســتـقـام الـكــون به

ولـد (الـبرت) فانهارت بإطلالته الأحلام[1]

سكوير

John Collings Squire (1884-1958)، British Journalist،

(In Continuation of Pope on Newton).

(1) كان أصل النص شعراً. (المترجم).

قانون إشعاع بلانك

PLANCK'S LAW OF RADIATION

ألمانيا (1900):

يعتمد مقدار الطاقة الذي يشعه أي جسم أسود عند طول موجي معين على درجة حرارته. وتبرز أهمية موضوعات بلانك هذه، كونها تتضمن الشذرات الأولى لما سيعرف لاحقا بالتطبيقات العملية لنظرية الكم.

محاور ذوات علاقة:

البرت اينشتين (ALBERT EINSTEIN)، ورودولف كلوزيس (RUDOLF CLAUSIUS)، وقانون كرشهوف للإشعاع الحراري (KIRCHHOFF'S LAW OF THERMAL RADIATION)، وقانون إزاحة فن (WIEN'S DISPLACEMENT LAW)، وقانون إشعاع ستيفان - بولتزمن (THE STEFAN BOLTZMANN RADIATION LAW)، وقانون رايلي - جينز (THE RAYLEIGH - JEANS LAW)، وقانون إشعاع فين (WEIN'S RADIATION LAW).

من أحداث عام 1900:

- نشر عالم النفس (سيكموند فرويد - Sigmund Freud) كتابه الشهير في تفسير الأحلام.

- انضمت (هاواي - Hawaii) رسميا إلى الاتحاد الفيدرالي الأمريكي ومنحت حكما ذاتيا.

- تم قبول طلب المخترع الأمريكي (كورنالس بروسنن - Cornelius J. Brosnan) لتسجيل براءة اختراعه لمشبك الورق والذي أسماه (Konaclip).

نشوء نظرية الكم وعلاقتها بقانون بلانك للإشعاع:

$$E_{b\lambda} = \frac{C_1}{\lambda^5 (e^{C_2/\lambda T} - 1)},$$

أصول القانون وفروعه

لعلـه من المتوقع أن يغيب عن ذهـن غالب العلماء والباحثين في غير حقـل الفيزياء أن لب مفهوم نظرية الكم – والذي يقول بإمكانية الطاقة والمادة أن تكتسبا صفتي الموجة والجسيم في تصرفاتهمـا في آن واحـد – كان قـد نشأ مـن دراسات متقدمة حـول تصرف وصفات الإشعاعـات المنبعثة من الأجسام عند تسخينهـا، ومثال ذلك تحول لون ملف سخان الشاي الكهربائـي (حال مرور التيار الكهربائي خلاله) من لونه الأسـود الاعتيادي إلى اللون البني الغامق ثم إلى اللون الأحمر الداكن فالأحمر القاني البراق بزيادة درجة حرارته.

وضـع (بلانك) قانونه الخاص بحسـاب كميات الإشعاع (ومن ثم مقـدار الطاقة المنبعثة من جسـم ساخن عند طول موجي معين) بدراسة الإشعاعات المنبعثة من أنواع خاصة من الأجسام الساخنة المتوهجة سميت بالأجسام السوداء. تُعرّف الأجسام السوداء [حسب قوانين كرشهوف – Kirchhoff's Electrical Circuit and Thermal Radiation Laws – للدوائر الكهربائية والحرارية الباعثة للإشعاع] – (انظر الجزء الثالث من هذا الكتاب) بأنها تلك الأجسام التي تمتص وتشع أكبر كمية ممكنة من الإشعاعات عند طول موجي معين وبدرجة حرارة معلومة. وسأخصص حيزاً لشرح مواصفات هـذه الأجسام السوداء وبشيء مـن التفصيل في نهاية هذا القسم.

تعـرّف مقدار الحرارة المنبعثة من جسم مـا بأنها كمية الطاقة التي يطلقها ذلك الجسم عند تسخينه إلى درجـة حرارة أعلى من درجة حرارة المحيط الذي يحتويه، ويمتاز انبعاث الطاقة أو الإشعاع من الأجسام الساخنة بتوزعه طبيعيا على مدى واسع من الأطوال الموجية ولذلك فـلا غرابـة في أن تكون صفات ومقـدار الطاقة المنبعثة ضمن طول موجـي معين (وبذبذبة معلومة) مختلفة عن كمية ومقدار الإشعاع (وبالتالي الطاقة) المنبعثة ضمن طول موجي مغاير (أي بذبذبـة مغايرة). ولعله من المفيـد أن نتذكر بأن الغالبية العظمى مـن الأجسام السـاخنة والتـي نصادفها في حياتنا اليومية والتي نتعامل معهـا في تجاربنا المختبرية تمتاز ببعث طاقاتها وإشعاعاتها ضمن مجال موجات الطيف الكهرومغناطيسي التحت حمراء أو التحت الحمراء

الفائقة. ويمكن للإنسان أن يشعر بهذه المجالات من حيز الطيف على شكل حرارة حسية، ولايمكنه رؤيتها بالعين المجردة. ولكن إذا ما استمر تسخين هذه المواد إلى درجات حرارة أعلى، انحرف طيف الإشعاع المنبعث منها من منطقة الطيف الكهرومغناطيسي تحت الحمراء وما تحت الحمراء الفائقة إلى منطقة الطيف المرئي القريبة منه وأعني بها ألوان الطيف الحمراء والبرتقالية والصفراء فيصير بالإمكان ملاحظة توهج الجسم الساخن بوضوح أكثر ولمعان أشد كلما أمعنا في تسخينه حتى يصل إلى مرحلة الإبيضاض. وعلى أية حال فإن ما يهمنا ويهم العلماء هو دراستهم لما يمكن لجسم ساخن أن يبعثه من طاقة (أو ما يشعه من إشعاع) ضمن طول موجي معلوم وهذا ما يسمى بالإشعاع الأحادي التردد (أو أحادي اللون) إن كان الانبعاث ضمن طيف الألوان المرئية، وفي هذه الحالة سيعتمد ما يبعثه الجسم من إشعاع وطاقة على درجة حرارته. وخير مثال على ذلك شمسنا التي تشع بمعدل حرارة سطح تبلغ حوالي (5800) درجة حرارية مطلقة (كالفن) ويتموضع معظم إشعاعها ضمن الطول الموجي الأقل من 3 ميكرومتر[1] وهذا يشمل منطقة الطيف الضوئي المرئي (الأصفر) فما دونه.

أما الأرض وهي (بالطبيعة) أكثر برودة من الشمس فإن معظم ما تشعه من طاقة إلى الفضاء (لأن الفضاء هو أبرد ما في الكون) تتموضع ضمن أطوال موجية أطول بكثير عن تلك التي للشمس ؛ وكمعدل لا يتجاوز معدل درجة حرارة سطح الأرض (290) درجة حرارية مطلقة، وغالبية ما تبعثه من إشعاعات يكون ضمن أطوال موجية تفوق الـ (3) ميكرونات.

وفي الدالة التالية (والتي تظهر بشيء من التعقيد - ولكنها ليست كذلك)،

$$\boxed{E_{b\lambda}(\lambda_{max}, T)}$$

يمكننا أن نعرف الحدود التالية حسب مسمياتها وما تعنيه كما يلي:

- $E_{b\lambda}\ d\lambda$ وهو مقدار الطاقة المنبعثة عن طريق الإشعاع من وحدة المساحة خلال وحدة

(1) الميكرومتر - هي وحدة قياس تساوي جزءاً من مليون جزء من المتر، أو تساوي جزءاً من ألف جزء من المليمتر وقد تسمى أيضا بالميكرون - المترجم.

الزمن من جسم أسود و بطول موجي محدد هو ضمن مديات الأطوال الموجية التابعة للون الواحد.

– λ_{max} وهو مـا يعرف بذروة قدرة (Power) انبعـاث إشعاع الجسم الأسود ضمن النطـاق الموجي المعلوم (ويطلق عليه اصطلاحيا – اسم النطاق أحادي اللون – كون الألوان المعروفة كلها تتراوح ضمن نطاق موجي معلوم).

و λ – هو مقدار الطول الموجي للإشعاع المنبعث.

و $d\lambda$ – هو مقدار مدى وحدود ذلك الطول الموجي.

و $E_{b\lambda}$ – هو ما يعرف بقدرة الانبعاث الموجي من جسم أسود ضمن مدى لون أحادي.

و T – هو مقدار درجة حرارة الجسم الأسود الباعث مقاسةً بالدرجة الحرارية المطلقة (كالفن).

أمـا قانون (**بلانك**) والذي اكتشفه عام (1900) فيوضـح طريقة توزيع القوة على مختلف الأطوال الموجية الصادرة من جسم باعث مثالي في درجة حرارة معينة (T)، وبناء على ذلك فـإن الجسم الباعث المثالي (أو ما يسمى بالجسم الأسود) سوف يبعث بالإشعاع وفقا لقانون بلانك التالي:

$$E_{b\lambda} = \frac{C_1}{\lambda^5 (e^{C_2/\lambda T} - 1)}$$

حيـث $E_{b\lambda}$ – هي قدرة انبعاث الإشعـاع من الجسم الأسود في درجة حرارة (مطلقة k معلومة (T)، وتقاس بوحدات (الواط/المتر المكعب).

و λ – هو الطول الموجي الباعث مقاسا بالمتر.

و C_1 – هو ما يعرف بثابت الانبعاث الأول ويساوي (10x3.7415(مرفوعة للقوة –16) واط ضرب متر مربع.

و C_2 – هو ما يعرف بثابت الانبعاث الثاني ويساوي[10x1.4388 (مرفوعة للقوة –2)] متر ضرب درجة مطلقة.

و (k) – هي التعبير عن مقدار درجات الحرارة المطلقة – كالفن–.

ومـن المناسـب التذكير بـأن لهذا القانـون شكلا آخر يكتـب به باستخـدام ثابت بلانك

(Plank's constant) وثابت بولتزمان (Boltzmann's Constant) كما سيأتي على ذكره لاحقا.

دأبت الجامعات والمعاهد الأكاديمية على تشجيع الطلاب على رسم الدالة السابقة لمختلف قيم الأطوال الموجية التي يمكن دراستها لما لذلك من تدريب عملي نافع في مختبرات الفيزياء، فلقد أثبتت التجارب أن غالبية الإشعاعات المنبعثة من الأجسام ذوات درجات الحرارة التي تقل عن (5800) كالفن (درجة مطلقة) ستنحصر في نطاق الأطوال الموجية التي تتراوح ما بين (0.2–50 ميكرون) فقط، ويمكننا الاستنتاج أن مجال الطول الموجي المتضمن لأقصى قوة انبعاث والذي يعبر عنه رياضيا بالدالة الآنف شرحها وهي:

$$\boxed{E_{b\lambda}(\lambda_{max}، T)}$$

سينقص بازدياد درجة الحرارة. وأخيرا من المفيد التذكير بأن نطاق الانبعاث الموجي المشع لأي جسم ساخن لا يتضمن إلا جزءاً قليلا مما يقع ضمن نطاق الطيف المرئي للعين البشرية التي تميز الجسم بلون أحمر داكن إذا ما بلغت درجة حرارته (800) درجة مطلقة (كالفن).

قانون إزاحة (فين)

WEIN'S DISPLACEMENT LAW

يحتل قانون إزاحة (فين) هذا موقع الصدارة ضمن أوائل القوانين الخاصة بالانبعاث الحراري والشعاعي من الأجسام السوداء. اكتشفه عام (1893) الفيزيائي الألماني [ولهيلم فين (1928-1864) Wilhelm Wien] ويمكن اشتقاقه من (قانون بلانك) نفسه بوضع المشتقة مساوية للصفر. ولغرض إيجاد العلاقة بين الطول الموجي(λ_{max}) لأقصى قوى مشعة ممكنة في درجة حرارة مطلقة معينة يمكننا استخدام القانون التالي:

$$\lambda_{max} T = 2.898 \times 10^{-3}\ \mathrm{m \cdot K}$$

الذي يوضح سهولة استنتاج التناسب العكسي الذي يحكم حرارة جسم ما والطول الموجي لأقصى قدرة (Power) يمكنه بعثها مما يعني تناقص هذا الطول للإشعاع المنبعث مع زيادة حرارة الجسم الباعث له.

ولذلك فإن قيمة منحنى انبعاث القوى والذي يساوي حاصل ضرب درجة الحرارة المطلقة في الطول الموجي لأقصى قدرة (Power) انبعاث سيظل ثابتا. مُنح (فين) جائزة نوبل لأعماله المتعلقة بهذا القانون وتطبيقاته.

دعني الآن أسوق المثال التالي لما سبق: لو فرضنا بلوغ معدل درجة حرارة سطح الشمس حوالي (5780) درجة مطلقة لأمكننا حساب ذروة الانبعاث الشعاعي منها ليكون في حدود الطول الموجي المقدر بـ (500 نانومتر) وبالاستناد إلى قانون (فين) فإن مجال الموجات الكهرومغناطيسية والتي بطول مقارب لـ (500 نانومتر) سيقع ضمن حدود الطيف الضوئي المرئي، فالضوء الأصفر له طول موجي يقارب الـ (570 نانومتر) ومصابيح الصوديوم التي تنير الشوارع ومواقف السيارات تبعث بالضوء ضمن الطول الموجي للون الأصفر والبالغ حوالي (589 نانومتر). وبالاستناد إلى المعادلة آنفة الذكر يتضح لنا مصدر و (لون) ومقدار طاقة الشموس وألوانها وذلك بالاستناد إلى اختلاف درجة حرارتها السطحية حسب ما

تقــره معادلة (فين)، فالنجوم الحمراء تكون أقل حــرارة (وقد تسمى بالنجوم الباردة).بمعدل حرارة سطح تبلغ (3000) درجة مطلقة (كالفن) والنجوم الصفراء (ونجم مجموعتنا الشمسية ضمنهــا) تمتلك معدل حرارة سطح تقرب مــن (6000) درجة مطلقة (وقد تسمى بالنجوم متوسطــة الحــرارة)، أما النجــوم البيضاء وهي الأشــد توهجا وسطوعا وأكثرهــا بعثا للطاقة والإشعــاع فقد يبلغ متوسط درجة حرارة أسطحها الــ(20000) درجة مطلقة وهي الأشد حــرارة على الإطلاق. وبالاستنــاد إلى ما سبق يمكننا القول (وببساطــه) بأننا نستطيع تقدير درجة حرارة سطح أي شمس (بمجرد النظر إليها!).

قانون إشعاع ستيفان - بولتزمن

STEFAN-BOLTZMANN RADIATION LAW

كان الفيزيائي الألماني [كوستاف كرشهوف (1824–1887) Gustav Kirchhoff] أول من أدرك صفات الانبعاث (الموجي الحراري) من الأجسام السوداء وكان أول من سك هذا المصطلح، كما كان أول من أدرك أن ذلك الانبعاث لابد وأن يعتمد على درجة حرارة الجسم الباعث وعلى الطول الموجي للإشعاع المنبعث منه بغض النظر عن طبيعة ذات المادة التي تكون الجسم الأسود نفسها، إلا أنه لم يتمكن من وضع الصيغة الرياضية الدقيقة لذلك.

وإذا رغبنا في أخذ كامل الطول الموجي بالحسبان فإن مقدار الانبعاث الإشعائي الكامل[E_b (T)] لوحدة المساحة السطحية للجسم الأسود خلال وحدة الزمن يمكن أن يكتب على شكل القانون التالي والذي يعرف بـ (قانون إشعاع ستيفان – بولتزمن)...

$$\boxed{E_b(T) = \sigma T^4}$$

والذي يبين كامل مقدار القوة المنبعثة من الجسم الأسود من وحدة المساحة حسب الطول الموجي المعلوم، حيث تمثل (T) درجة الحرارة مقاسة بدرجات كالفن للمساحة المعلومة و (σ) تعبر عما يسمى (بثابت ستيفان – بولتزمن) ويساوي

$$\boxed{[5.67 \times 10^{-8}\,W/(m^2 . k^4)]}$$

وينسب هذا القانون إلى كل من الشاعر والفيزيائي والرياضي النمساوي: سلوفيني (Slovene) الأصل [جوزيف ستيفان (1835–1893) Joseph Stefan] والذي تمكن من التوصل إلى صياغته من خلال سلسلة طويلة ومضنية من التجارب العملية، وإلى [لودفك بولتزمن (1844–1906) Ludwig Boltzmann] والذي تمكن من اشتقاق ذات القانون في عام (1884) بالاعتماد على الأسس النظرية لقوانين الديناميكية الحرارية.

أما ثابتي بلانك الأول (C1) والثاني (C2) المذكورين في (قانون إشعاع بلانك) آنف الذكر،

فيمكن ربطهما (بقانون إشعاع ستيفان – بولتزمن) من خلال مساواتهما بالثابت (σ) كما يلي:

$$\sigma = \left(\frac{\pi}{C_2}\right)^4 \frac{C_1}{15} = 5.670 \times 10^{-8}\ \mathrm{W/(m^2 \cdot K^4)}$$

ومن المدهش حقا أن يتمكن (ستيفان) هذا من حساب درجة حرارة سطح الشمس التقريبي بحوالي (5،700) درجة حرارة مطلقة (كالفن)، وذلك من خلال نجاحه في تقدير كمية (فيض طاقة الشمس) وإلى درجة دقة نسبية مقبولة جدا بحيث قارب رقمه الذي توصل إليه باستخدام هذا القانون القيمة الواقعية المقبولة في الوقت الحاضر والبالغة (5،780) درجة حرارة مطلقة أي بفارق يبلغ 80 درجة مطلقة فقط!!

ومن الجدير بالملاحظة تميّز ثابت (ستيفان – بولتزمن) بالعموم والشمولية بمعنى إمكانية تطبيقه بغض النظر عن مادة أي جسم أو درجة حرارته. وبالنظر لواقع كون الأجسام الحقيقية تمتاز بقابلية انبعاث شعاعي وحراري مغاير (أو بمعنى أدق – أقل كفاءة) من الأجسام السوداء المثالية، فإن العلماء والمختصين كانوا قد أضافوا معاملا آخر هو (ε) إلى (قانون ستيفان – بولتزمن) آنف الذكر. و(ε) هذه هي عبارة عن حد اصطلح عليه اسم (الانبعاثية – Emissivity) وتكتسب عادة قيمة تتراوح بين (الواحد – 1 –) في حالة كون الجسم أسود مثالي (الامتصاص والبعث) للإشعاع والحرارة الواردين إليه، وبين (الصفر) للأجسام المثالية في (عكس) الإشعاع والحرارة الساقطين عليها بحيث لا تمتص منهما شيئا. وتعتمد قيمة (ε) الحقيقية على نوع المادة وطبيعة سطحها ودرجة حرارتها ولذلك يمكن إعادة صياغة (قانون ستيفان – بولتزمن) ليظهر على الشكل التالي:

$$E_b(T) = \varepsilon\sigma T^4$$

لاحظ هنا بأن (ε) تسمى (الانبعاثية – Emissivity) إلا أن العلماء قد يستخدمونها لوصف حالة (امتصاص – Absorption) الجسم للاشعاعات الواردة إليه أيضا. ويمكننا (قانون ستيفان – بولتزمن) هذا من التنبؤ بكامل كمية الطاقة المنبعثة من أي جسم أسود والتي تتناسب مع القوة الرابعة لدرجة حرارته. فمثلا تسطع نجمة بنفس حجم شمسنا الحالية وبأربع

أمثـال حرارتها، كمية من الطاقة تعادل (4×4×4×4) (أربعـة مرفوعة إلى الأس الرابع) أي (256) مـرة أكثر منها. وهذا يعني أن ارتفاع درجة حرارة شمس ما لأربعة أضعاف حرارة شمسنـا وبنفس حجمها سيجعلها تضخ إلى الكـون مقدارا من الطاقة يعادل (256) ضعف مـا تضخه شمسنا له، وبالمقابل ستبلغ درجة لمعان أي جسم أسود كروي (نجم مثلا) حاصل ضرب مساحته السطحية في الأس الرابع لدرجة حرارته!!

كيفية صناعة الجسم الأسود:

يمكننا صناعة جسم أسود في المختبر (وعلى الوجه التقريبي) وذلك بأخذ جسم كبير صلب كروي مجوف وثقبه ثقبا صغيرا جدا بمسمار (أو بدبوس فولاذي) مدبب، عندها سيمثل هذا الثقب الصغير ثقبا أسود، وذلك لأن أي شعاع (ضوئي أو حراري) سيدخل إلى داخل كرتنا المجوفـة هذه من خلال هـذا الثقب لابد أن يصطدم ويرتد عن أحـد جوانبها الداخلية ومن المتوقـع أن يقـوم السطح الداخلي لهذه الكرة بامتصاص جـزء من طاقة الإشعاع في كل مرة يصطـدم بـه ويرتد عنه، وإذا ما صادف أن تمكن هذا الشعـاع الداخل إلى الكرة من الخروج مـن خلال نفس الثقـب الذي دخل منه (وبعـد أعداد لا تحصى مـن الاصطدامات بالجدار الداخلـي للكرة وامتصاص جزء من طاقته في كل مرة ومن ثم الارتداد عنه) سيكون قد فقد مـن طاقته وشدته الشيء الكثـير والكثير جدا إلى الحد الذي يمكن معـه إهماله كليا ومن هنا نفهم لماذا يمكننا اعتبار ثقب المسمار الدقيق في كرتنا المجوفة الكبيرة (ثقبا أسود)! ومن النوع (شبه) المثالي – وذلك حسب تعريف الجسم الأسود – لأن كل الإشعاعات التي دخلته قد تم امتصاصها من قبل السطح الداخلي للكرة المجوفة. وكمثال حسي استنباطي تقريبي (ولكنه خيـالي!) بإمكانـك تصور ذبابة تدخل تلـك الكرة المجوفة الكبيرة وتضـل طريقها داخلها وتستمر بطيرانها وهي لا تدري حتى تصطدم بجدارها الداخلي فترتد عنه وتواصل طيرانها في الاتجـاه المعاكس حتى تصـل إلى طرف باطن الكرة من جهتها المقابلة ثم ترتد عنه بالاتجاه المعاكس وتستمر على هذا المنوال حتى تخور قواها ولا تعود قادرة على مغادرة جوف الكرة

حتى ولو توجهت إلى عين الثقب الذي دخلت منه!

ولاستعادة وتوضيح بعض الحقائق الخاصة بصفات الأجسام السوداء نبيّن هنا أن طاقة الإشعاع المنعكس عن سطح الكرة الداخلي يعتمد على حرارته، بمعنى أن مقدار طاقة الإشعاع المرتد أو المنعكس عن سطح الكرة الداخلي يعتمد على حرارته، بمعنى أن مقدار طاقة الإشعاع المرتد أو المنعكس عن سطحها الداخلي والذي تبلغ حرارته (T) يساوي مقدار قابلية (الانبعاث) لجسم أسود تبلغ درجة حرارته (T) نفسها. وإذا عممنا هذا التصور على خصائص الأجسام السوداء المثالية نقول بأن صفة الإشعاع والانبعاث للجسم الأسود لا تعتمد أبدا على نوع المادة المصنوع منها وإنما تعتمد ببساطة على درجة حرارته.

والخلاصة: إذا تمكنا من صناعة أجسام مشعة مجوفة وعلى نمط الأجسام السوداء – بثقوبها الصغيرة – وباستخدام مواد مختلفة واجتهدنا على رفع درجة حرارة (باطنها) إلى (2000) درجة مطلقة (كالفن) مثلا فإن مقدار الطاقة المنبعثة (أو الانبعاثية) من تلك الثقوب الصغيرة ستتساوى إذا ما تمكنا من مراقبتها وقياسها في غرفة مظلمة... وإن تغايرت واختلفت تلك الأجسام واختلفت طبيعة المواد المصنوعة منها على عكس سطوحها الخارجية والتي ستكون مختلفة. وأخيرا وحسب قانون (ستيفان – بولتزمن) آنف الذكر فإن (انبعاثية) الثقوب التي تتصرف تصرف الأجسام السوداء ستتساوى أيضاً لأنها تنتج عن (الباطن والداخل) على حين تتغاير (انبعاثية) سطوحها الخارجية حسب نوع المادة المصنوع منها، وللاثنين علاقة وثيقة بدرجة حرارة كل منهما ولكن مع الأس الرابع لها كما يلي:

$$\boxed{E_b(T) = \varepsilon\sigma T^4}$$

قانون رايلي - جينز

RAYLEIGH - JEANS LAW

لقــد تمكن عدد من العلماء من وضع بضعة قوانين تخص تصرف الأجسام السوداء قبل أن يتمكن (بلانك) من وضع قانونه للانبعاث الإشعاعي. ففي عــام (1900) تمكـن الفيزيائـــي البريطانـــي [اللورد رايلي 1919-1842) Lord Rayleigh)] من وضع قانونه لتحليل الموجــات الثابتة في فراغ ثلاثي الأبعــاد (والذي يماثل كرتنا المجوفة التي سبق الحديث عنها) وذلــك بالاستناد على أســس الفيزياء الكلاسيكية (أي غير الكمية). صــاغ (قانون رايلي - جينــز) العلاقــة بين كثافة طاقة إشعاع الجسم الأسود على شــكل دالة للطول الموجي للأشعة المنبعثة منه كما يلي:

$$f(\lambda, T) = 8\pi k \frac{T}{\lambda^4}$$

حيــث تمثل (T) هنــا درجة الحرارة المطلقة (كالفن) و (k) هــو ثابت بولتزمن ويساوي ($k = 1.3806505 \times 10^{-23}$ joules / Kelvin). ومـــن الملاحـــظ أن (رايلــي) كان قـــد اشتــق قانونـــــه بالاعتمـــاد علـــى الأس الرابــع للطـــول الموجـــي والذي طـوره وحسنــــه لاحقــا بالاشتــراك مع الفيزيائـــي البريطانـــي [السير جيمس هوب وود جينز (Sir James Hopwood Jeans (1877-1946)]. لقد طابقت التجارب المختبرية كافــة التوقعات التي اقترحها هذا القانون فيمــا يخص الموجات الطويلة، ولكنه زاغ بشدة عنــد تطبيقه عمليا علــى الموجات القصيرة. ويمكنك ملاحظة حقيقــة ذلك من نص صيغة القانــون المتعلقة بقصر قيمــة (λ) - أي بتصرف الموجات القصــيرة بتطبيقه - فكلما قصر طـول الموجة كلما صغــرت قيمة مقام المعادلــة (λ^4) الأمر الذي يــؤدي بالنهاية إلى بلوغ الدالة قيمة لا نهائية، وهذه النتيجة تعرف علميا (بالانهيار الفوق بنفسجي) وذلك بسبب قصر طــول الموجات الكهرومغناطيسية في ذلك المجال. الأمر الذي يستحيل معه (عمليا) تطبيق قانون رايلي.

إضافات أخرى لقوانين الإشعاع: موضوعات بلانك

The Plank's Formulations

ألمانيا (1900)

أعلـن (بلانك) في عـام (1900) بأنه قد أنجـز تعديلات مهمة على الحسابـات الأساسية بحيث تتوافق الدالة $f\ (\lambda.T)$ مـع النتائج المختبرية لكافة الأطـوال الموجية عند اختبارها، ولقد سبق لنا تقديم (قانون إشعاع بلانك) بصيغته المطورة والتي تعتمد على الطول الموجي.

وهناك طريقة أخرى لكتابة هذه الدالة وعلى الشكل الذي نجده في أكثر الكتب المنهجية، وهي:

$$f(\lambda, T) = \frac{8\pi hc\lambda^{-5}}{e^{hc/\lambda kT} - 1}$$

والملاحـظ هنـا أن (معادلة بلانك) بكاملها تقترب من الصفـر عند اقتراب الطول الموجي للأشعة الموجبة الكهرومغناطيسية (λ) منه، أما (h) فهو ثابت بلانك ويساوي (6.6260693 x 10 to the power −14 J.s) و (k) هو ثابت بولتزمن و (c) سرعة الضوء. وكدأب الرياضيـين والفيزيائيين لإيجاد المقابلات و المساويات وولعهـم بذلك فبإمكاننا إعادة كتابة ثابـت [(ستيفان – بولتزمن) – (a) المذكور سابقـا بدلالة ثابت بلانك (h) وثابت بولتزمن (k) وسرعة الضوء (c) كما يلي:

$$\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2h^3} = 5.670 \times 10^{-8} J/(s \cdot m^2 \cdot K^4)$$

ومما يذكره لنا التاريخ أن (بلانك) نفسه كان قد تمكن من التوصل إلى وضع قانونه للإشعاع مـن خلال تطبيق وموالفة المنحنيـات التي توصل إليها مع البيانـات التي وجدت بالتجربة، ومن الممكن القول بأن أعمال وحسابات (بلانك) الأولى كانت من وحي الحدس والتخمين العلمـي ولم تعتمد على نظرية ثابتة تدعمها من قبل ولكنـه (برغم ذلك) سرعان ما تمكن من اشتقاق قانونه بطريقة علمية لا يرقى إليها الشك بتطبيقه لبعض التحوير على حسابات الطاقة

لكل طول موجي مؤثر في الفراغات التي سبق (لرايلي) ابتداعها ودراستها. ومن الملاحظ أن فكرة (بلانك) العبقرية الأولى – وإن احتاجت لبعض الوقت لقبولها من قبل المجتمع العلمي – تلخصت بافتراض أن تتكون فراغات (رايلي) في الجدران الداخلية للأجسام السوداء على شكل وحدات متناهية الصغر تعمل كمذبذبات كهرومغناطيسية، ولغرض تحقيق صحة تطبيق معادلته رياضيا افترض وجود هذه (المذبذبات الصغيرة) على هيئة (وحدات) بقيم رقمية كاملة لـ(nhf) حيث تمثل (n) رقما صحيحا يسمى بالرقم الكمي و (f) قيمة الذبذبة الناتجة عن (المذبذب) الكهرومغناطيسي الصغير و (h) هو ثابت بلانك. كما افترض أن تقوم هذه (المذبذبات) ببعث الطاقة إلى وامتصاصها من تلك الفراغات على شكل (جرعات) أو)رزم(كاملة تسمى (بالكميمات – Quanta). ولقد أثبتت التجارب اللاحقة (وبأجهزة أدق وفي مختبرات أعقد تجهيزا) بأن الصيغة الصحيحة لقانون التذبذب لابد وأن تتضمن قيمة ونصف لـ(n) وعلى الشكل التالي [$(n+y_2)$ hf]، ولكن مع الأخذ بنظر الاعتبار أن هذه الإضافة لا يجب أن تعتبر تغييرا جذريا على فرضيتي واستنتاج (بلانك) الأساسيتين أو تقلل من قيمتهما العلمية الإبداعية.

لقد أتى (بلانك) بالجديد غير المعتاد ولا المسبوق في ذلك الوقت المبكر (عام 1900) لدرجة أنه حتى هو نفسه لم يع أهمية ما توصل إليه ولسنوات عدة، فلقد جاء في مؤلفه الشهير (السير الذاتية العلمية ومقالات أخرى) قوله: **لقد بذلت جهودا جبارة وأضعت أوقاتا طويلة ومررت بسنين صعبة مضنية من أجل إيجاد الموقع الملائم للمقادير الأساسية التي افترضتها وهي (الكميمات) المتمثلة بالقيمة (nh) ضمن النظريات الفيزيائية الكلاسيكية... ولكن بلا جدوى!).**

اعتقد (بلانك) أول ذي بدء بأن ما توصل إليه من فرض وجود (كميمات المتذبذبات الصغيرة) في جدران التجاويف الداخلية (والتي أثبت العلم لاحقا بأنها قد مثلت التصور الأولي لما نسميه بالذرات في الوقت الحاضر) لم تكن إلا توافقا رياضيا أمكن إدخاله لغرض تحسين توقعات تصرف مجمل طيف إشعاع وامتصاص الأجسام السوداء. وشاركه في اعتقاده هذا (في بداية تقديمه لتلك الفكرة) الكثير من الفيزيائيين الذين اعتقدوا أن ما قدمه (بلانك)

من تصور للكميمات الصغيرة – أو ما قد يسمى بوحدات الطاقة – لم تكن إلا(شطحة) علمية وزيغا رياضيا بينا. إلا إن (بلانك) نفسه ورغم عدم تمكنه من إيجاد التفسير (العلمي) المقنع لما اقترحه من تصور (كميمي) لانتقال الطاقة، كان قد وجد فيها لبنة طيعة لينة بل ومثالية التصرف بحيث طابقت التجارب المختبرية والتوقعات النظرية، حتى قوي إيمانه بها وبصدقها وبحقيقة وجودهـا فعلا!. ولفهم صعوبـة إدراك التأثيـر متناهـي الصغـر ما بين قيمتين متجاورتـين لـ (nhf)، لابد أن نـدرك أن هذه القيمة وبحد ذاتها تمثل رقما متناهيا في الصغر لأنها تعتمد أصلا على تأثير ثابت بلانك (والذي يعتبر رقما يصعب تصوره لصغر قيمته)[1]

كتب (هيلك كراغ – Helge Kragh) كتابا بعنوان: ماكس بلانك (الثورة المرفوضة) جاء فيه:

((كان يمكن أن تحدث ثورة عظيمة في عالم الفيزياء عام (1900). وقد حدثت بالفعل دون أن ينتبه إليها أحد! ولا حتى موجدها (بلانك) نفسـه، فقد يحدث ألا يُقدّر الحدث أو الشـخص الـذي أوجـد الحدث حق قدره في حينه أو في حياته وهـذا ما حدث بالفعل للعديد من عظماء التاريـخ أمثال الفنان (فان كوخ) وعالمنا (ماكس بلانك). فالحقيقة أن التقدير والاحترام الذي نكنـه لـه اليوم ما هو إلا اسـقاط تاريخي لما قام به بعد أن وعينـاه وفهمناه في وقت لاحق يعتبر متاخرا بكثير! فما حدث من بُطء في سرعة استيعاب وتقدير لبلانك (في حينه) كان بسـبب قانونه في الإشعاع وذلك لأن الأسس (الكميمية) للطاقة والتي اقترحها آنذاك لم تكن لتجذب أي اهتمام أو ملاحظة رغم اعتبارنا إياها الآن إنجازا فكريا خلاقا بحق. فلم يدرك أهمية فكرته

(1) وهو ثابت فيزيائي استعمل لتوصيف مقدار (الكميسة – Quantum) في (نظرية الكم – Quantum Theory) وسمّي باسـم العـالم الفيزيائي الألماني (ماكس بلانك) تكريماً له. وأول استعمال له كان باستنباطه كثابـت تناسب ما بين طاقة (E) الفوتون ومقـدار ذبذبتـه كموجة (كهرومغناطيسية – V) وتسمى معادلة ربط مقدار الطاقـة بالذبذبة بمعادلة (بلانك – اينشتين) أو (بعلاقة بلانك) وهي $E = hv$ وتبلغ قيمة ثابت (بلانك) ما يوازيها حسب الجدول المرفق. (المترجم).

Values of h	Units	Values of $\hbar$	Units
$6.62606896(33) \times 10^{-34}$	J .s	$1.054571628(53) \times 10^{-34}$	J .s
$4.13566733(10) \times 10^{-15}$	eV .s	$6.58211899(16) \times 10^{-16}$	eV .s
$6.62606896(33) \times 10^{-27}$	eVg .s	$1.054571628(53) \times 10^{-27}$	eVg .s

وتطبيقاتها آنئذ إلا قلة قليلة من العلماء والفيزيائيين والذين اعتقدوا بصحة معادلته... ولكنك قد تندهش إذا علمت أنه - وإلى حد السنين الأولى من القرن العشرين - لم يدرك أي منهم بأن ما قدمه (بلانك) في حينه كان يمكن أن يعتبر مناقضا عنيفا لمبادئ الفيزياء الكلاسيكية المعروفة آنذاك وأنه على وشك أن يحدث ثورةً وانفجارا حقيقيين فيها في المستقبل القريب)).

لف الغموض معادلات (بلانك) وطوتها صفحات الكتب المغلقة فوق رفوف المكتبات العالية حتى جاء (اينشتين) عام (1905) وأثبت أنه بالإمكان إزالة الغبار عن (**معادلات بلانك**) والإشادة بعبقريته، وأن ما صنعه وتوقعه سيكون ريح وشراع فيزياء العصر الحديث ليأخذها إلى ما بعد الفيزياء الكلاسيكية حيث يمكن تطبيقها على مختلف الظواهر... عندها وعندها فقط أدرك الفيزيائيون أن ما اعتقدوه بشأن صحة النظرية الموجبة الكلاسيكية للضوء لم تكن إلا صورة مشوهة للحقيقة والتي لا يقبلها لا العقل ولا قوانين الفيزياء ذاتها. إن ما قام به (اينشتين) هو تقديمه النموذج العملي لانتقال وانبعاث وامتصاص الضوء وإعادة توصيفه على شكل(وحدات) محددة أسماها (الفوتونات) وبذلك أصبح أول من أدرك أهمية وضرورة التمسك بنظرية الكم وتطبيقاتها.

لقد أثمرت جهود (بلانك) وقادته أعماله النظرية لاشتقاق قانونه في الإشعاع اعتمادا على ابتكاره الجديد (وهو الكميمات – وتعني وحدات الطاقة المفردة المستقلة والمتذبذبة) إلى منصة استلام (جائزة نوبل) للفيزياء في عام (1918)، كما مكنه قانونه ذاك من حساب قيم كل من ثابت بلانك (h)[1] وثابت بولتزمن (k)[2] اعتمادا على معلومات وحسابات مختبرية تجريبية.

(1) راجع الصفحة قبل السابقة.

(2) وهو الثابت الفيزيائي (k) المسؤول عن ربط علاقة (الطاقة) على المستوى (الجزيئي) مع (الحرارة) المسجلة على المستوى (الكلي). ويساوي حاصل قسمة ثابت الغاز (R) على عدد افوكادرو (NA): هكذا K=R/NA وبإمكانك الرجوع إلى قيمه حسب الجدول المرفق.(المترجم).

Values of (*k*)	Units
$1.3806504(24) \times 10^{-23}$	$J\,k^{-1}$
$8.617343(15) \times 10^{-5}$	eVk^{-1}
$1.3806504(24) \times 10^{-16}$	$erg\,k^{-1}$

أما اليوم فيحتفـل الفيزيائيون في كافة أنحاء العالم بعيد ميلاد (فيزياء الكم) الرسمي وذلك منذ يوم الرابع عشر من شهر كانون أول ديسمبر من عام (1900) وهو اليوم الذي وقف فيه (بلانك) أمام مجمع (برلين) للفيزياء صادحا بتفسير نظريته لمن جلس ليستمع إليه من العلماء. لقـد مثلت نظريتـه وأفكاره في حينها رأس قمة جبل الجليد الذي يخفـي الجل الأعظم من حجمه وقيمته تحت الأعماق بعيدا ليس عن (النظر) فقط بل وعن الإدراك أيضا. ولا يجادل أحد اليوم في أهمية إنجازه في وضع حجر الأساس للفيزياء الحديثة، ذلك الحدث الذي وصف بمنتهـى البراعة والتواضع ولم يعكس إلا الواقع في كتاب هنري هوبر (Henry Hopper) وبيـتر كووين(Peter Gwynne) والذي (صدر بعنـوان الفيزياء وتوقعاتها – Physics and Physical Perspectives) والذي جاء فيه:

((لقد بدأت تظهر للعيان وابتداء من عام (1890) سلسـلة من الاكتشـافات النظرية والمختبرية والنتائج والحسـابات التي لم تكن اعتيادية بالمرة وإنما كانت أفكارا وحقائق اقتحمت حصـن (الذرة) وأدخلت عقول وعيون الفيزيائيين (المحملقة) إلى عالم رقمي متوازن لم يسبق أن اقتحمه فكر من قبل.

أما رأس الحربة في هذا الإنجاز العظيم والفتح المبين فهو ما يسـمى اليوم (بنظرية الكم) والتي وضحها الفلكي جورج كاسـو (George Gamaw) لاحقا بكتابه الرائع (ثلاثون سنة هزت الفيزياء). أما ملخص تلك النظرية... (نظرية الكم) فتقول باعتبار كل الإشـعاعات الكهرومغناطيسـية من ضـوء وحرارة وأشـعة تحت حمـراء وفوق بنفسـجية مرورا بكل ألوان الطيف المرئي ما هي إلا مظاريف صـغيرة ووحدات كاملة من الطاقة التي تنتقل بسرعة الضوء اسمها «الكميمات»)).

وقبـل أن أختـم هذا القسم، لابـد من الإشـارة إلى محاولة أخرى سبقـت (قانون بلانك) ومهـدت له، ألا وهي (قانون إشعـاع فيان – Wien's Radiation Law) والذي يعرف أيضا (بقانون توزيع فيان – Wien's Distribution Law) والذي صاغه الفيزيائي فيان (Wien) في عام (1896) والذي نص على ما يلي:

$$E_{b\lambda} = \frac{C_1}{\lambda^5 (e^{C_2/\lambda T})}$$

ولقد سبق بيان معاني هذه الرموز سابقا.

إلا أن (فيان) هذا لم يكن موفقا في محاولاته لتركيب المعطيات وملاءمتها مع بعضها البعض، ولهـذا السبب فشل قانونه تجريبيا في تطبيقاته على مدى الموجات الطويلة جدا، ومع ذلك لا ينبغـي لأحد أن يغفـل أهمية هذه المحاولة الجادة كونها كانـت الإلهام والحافز (لبلانك) في محاولاتـه اللاحقة والتي أفضـت إلى اكتشافه لقانونه في الإشعاع عـام (1900)، إثر إجرائه للعديد من التجارب لتحسين ومحاولة إعادة اشتقاق قانون (فيان) ذاك.

وأخيرا إليك ملخص سريع وشامل للاختلافات الأساسية بين أمهات قوانين الإشعاع وعلى الشكل التالي:

- **قانون بلانك: وهو الصالح للتطبيق على جميع الأطوال الموجية بلا استثناء.**
- **قانون فيان: وهو الذي يصح بصورة تقريبية على الموجات القصيرة.**
- **قانون رايلي - جينز: وهو الذي يصح بصورة تقريبية على الموجات الطويلة ولكنه يقف عاجزا عـن التعامل مع الموجات القصـيرة والقصـيرة جـدا حيث يبلغ عجـزه مداه حين تقفز قيم الإشـعاعات إلى مناسـيب فلكيـة حتى تنتهي بما يسـمى (بالانهيار فوق البنفسـجي) حين تبلغ قيمة الطاقة (رياضـيا) (اللانهاية)! وهذا ما لا يُعقل.**

للفضوليين فقط:

- كان (بلانـك) أول فيزيائـي رفيـع المستوى سانـد وساعد (اينشتـين) باجتهاد وحرفية واندفاع لدى إعلان الأول عام (1905) لنظريته في النسبية.

- ناهض (بلانك) وبشجاعة منقطعة النظير كافة آراء وممارسات (هتلر) العنصرية تجاه الدين والعرق إلى درجة أنه ذهب إلى (هتلر) بنفسه ليقدم له احتجاجه وتحفظاته على ممارسات بلاده وقائدها.

- صعّد (هتلر) من ممارساته القمعية ضد اليهود وأعدم النازيون (ابن بلانك) في عام (1945).

– كثيراً ما تشاهد (بلانك) و(اينشتين) متصاحبين على إحدى خشبات (الصالات)[1] يعزفان الموسيقى الكلاسيكية، (بلانك) خلف البيانو و(اينشتين) حاملا الكمان.

أقوال مأثورة:

– اتعرف لماذا لا نتمكن (نحن بنو البشر) من حل الألغاز النهائية في الكون؟...

السبب بسيط وهو أننا (أنفسنا) في النهاية نمثل جزءاً من ذلك الكون، وبالتالي نحن جزء من اللغز والمعضلة التي نحاول حلها. نحن ببساطة لا نملك لا القوة... ولا الحق لافتراض وجود... ولا حتى بقاء... فضلا عن سرمدية ما اكتشفناه من قوانين.

بلانك

Max Plank (The Mystery of Our Being).

مقتطف من كتابه (وجودنا - في الكون - والغموض الذي يلفنا فيه).

– لقد تمكن (ماكس بلانك) في عام (1900) من حل واحدة من أصعب المعضلات التي ظلت تراوغ الفيزيائيين لسنين طوال، وهو بذلك قد فتح (صندوق بندورا)[2] المليء بالمفاجآت لبني البشر.

بيوش

Fredrick Buech، Introduotion to Physics for Sciences and Engineers -

مقتطف من كتابه (مقدمة في الفيزياء للعلوم والهندسة).

– إذا ما افترضنا تشبيه الكون (بما رحب) بباطن فرن عظيم. عندها ستمثل درجة حرارة باطن هذا الفرن معدل حرارة الكون. وبالاستعانة بقانون إشعاع (بلانك) للأجسام السوداء وبمعرفة توزيع

(1) موسيقى الصالة –(Chamber Music): نوع من الموسيقى الكلاسيكية يعزفه عدة عازفين (اثنين إلى خمسة) والذي يشيع جو الألفة والتقارب ويمكن عزفه في الغرف الصغيرة. ولا يتضمن عادةً العزف الانفرادي (السولو) – المترجم.

(2) بندورا (Pandora): هي أول امرأة خُلقت في الميثالوجيا الإغريقية ولعلها المقابلة (لحواء). قام جميع الآلهة بخلقها وكل إله أعطاها صفة أو هدية أو حيلة وقد قامت بفتح صندوقها فأطلقت كل الشرور ولما أغلقته احتجزت بداخله(الأمل). وقد تسمى Anesidora وهي المانحة لكل الهبات.(المترجم).

الموجات الكهرومغناطيسية التي تأتينا من كافة أقطار الكون وزواياه وأطوالها الموجية يمكننا تحديد درجة حرارته بثلاث (3) درجات مطلقة (كالفن) فقط.

بويش

Fredrick Buech، Iroduction to Physics for Scientists and Engineers -

المصدر السابق.

- لا تمثل الحقيقة إلا شريحة رقيقة جدا من مجمل الأفكار التي نحاول استيعابها.

بلانك

Max Plank، 1923 lecture on the law of causality and free will.

مقتطف من محاضرة له حول قانون السببية والإرادة الحرة.

- لقد عاش (بلانك) لما يقارب التسعين عاما؛ عاصر خلالها حربين كونيتين، وأمبراطوريتين ألمانيتين والحقبة الجمهورية الديمقراطية الألمانية (1919-1933) ما بين الحربين، كما عاصر النهوض العلمي المشهود لألمانيا وساهم هو ذاته في بناء صرحه. ذلك الصرح الذي دمره التعصب النازي المناهض للسامية وحماقاته الأخرى. ورغم مناهضته لكل ما قام به النازيون الألمان ورغم ما عاناه من مرارة الألم والعذاب إلا أنه فضل البقاء فوق تراب وطنه ألمانيا حيا وتحته ميتا.

كروبر

William H. Cropper، Great Physicists.

(مقتطف من كتابه (فيزيائيون عظام).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولد [ماكس بلانك (1858-1947) Max Plank] الفيزيائي الألماني الذي اشتهر بوضعه للبنات الأولى لما عرف فيما بعد (بنظرية الكم) وبوضعه (لقانون إشعاع الأجسام السوداء)، في مدينة كييل (Kiel) شمال ألمانيا حيث شغل والده منصب الأستاذ في القانون الدستوري في جامعتها.

تمتع (بلانك) بطفولة سعيدة كالابن السادس للعائلة وعشق تسلق الجبال مع عائلته. كان

ناجحا في دراسته الأولية ومتميزا في الموسيقى بلا أدنى إشارة (لا في تصرفاته ولا في إنجازاته) لأي من مظاهر العبقرية في ذلك العمر المبكر، لا في العلوم ولا في الرياضيات.

لمـع (ماكس) في صباه كعازف بيانو موهوب لدرجة أنه فكر وعائلته جديا باتخاذ العزف مهنـة له، فلقد كان له حس نغمي متميز وبرع بعزف مقطوعات (فرانز شوبرت – Franz Schubert) ويوهان برامز (Johannes Brahms). دخل جامعة ميونخ (Munich) عـام (1874) وسرعان مـا أعجب بالفيزياء والرياضيات ونما ولعـه بهما. كان محبا للنقاش، كثـير الأسئلة، طموحا في تفكيره وتطلعاته حتـى حاوره أحد أساتذته يوما بأن حقل الفيزياء (حينـذاك) كان قـد أوشك على التمـام ولا من جديد يكتشف بعد (نيوتـن) و (كبلر) فلقد أوشكت قوانينها على الكمال ولا أحد يتوقع المعجزات في تغيير هذا الكيان الرياضي المتماسك البديـع... إلا أن عشق (بلانـك) الفطري للتفكير وللتفكير الفيزيائي على وجه الخصوص لم يمكنـه من كبح جماح طموحه نحو التغير ونحو الأفضـل. هذا ولقد وصف(بلانك) نفسه عشقه الفطري للفيزياء وتوقعاته الرحبة لها في كتابه الشهير (سيرتي العلمية وأوراق أخرى) والمنشور في عام (1949) بما يلي:

((لعله من البديهي أن عالمنا الخارجي والكون عموما لهما من الاسـتقلالية والعظمة ما مكنهما من التواجد والاسـتمرار بوجود بني البشر أو بعدمهم. إنه بلاشك كيان فريد مطلق ولهذا السبب ظللت أشعر في قرارة نفسي أن في اكتشاف واستقراء هذا الكون العظيم والمنظم والفريد من خلال فهم ووضـع القوانين التي تساعد على فهم ظواهره وخوافيه لابد وأن يشكل ذروة طموحي العلمي وسموي الروحي)).

وأضاف في مكان آخر من كتابه يقول:

((في داخلـي حدسـ يؤمـن بأن التفكـير المنطقي البشـري لابـد وأن يتطابق مع مجمل الظواهر والأحداث التي نستلمها ونستشعرها من العالم حولنا والتي نعيشها وتؤثر فينا. ولهذا أنا على يقين بإمكانية هذا المنطق على أن يفتح لعقولنا الدرب لفهم ميكانيكية هذا (الكون) من حولنا)).

استمر بلانك خلال كامل عام (1877) مواضبا على تحصيله العلمي في (جامعة برلين) حيث قابل الأستاذ الشهير (كوستاف كرشهوف) واستمع إليه ووصفه بالمحاضر الممل! وواضب أيضا خلال تواجده في(برلين) على دراسة البحوث التي قام بها [رودولف كلوزيس (Rudolf Glausius (1822-1888] حول الديناميكية الحرارية وفتن بها إلى الدرجة التي أهلته لاختيارها موضوعا لأطروحته التي نال بها شهادة الدكتوراه عام (1879)، والتي احتوت على آرائه الخاصة وأعماله الفريدة في ذات المضمار والتي كانت بعنوان (حول القانون الثاني للنظرية الميكانيكية في الحرارة). وبالنظر لكفاءته وعلمه فما لبث أن عين في عام (1885) أستاذا فوق العادة للفيزياء النظرية في جامعة (كييل - Kiel) وتزوج بعد سنتين، أي في عام (1887) من ماري مرك (Marie Merck) وانتقل معها في العام التالي إلى (جامعة برلين) حيث عين أستاذا فوق العادة للفيزياء النظرية فيها أيضاً. ورغم شغف بلانك بالفيزياء والرياضيات والبحوث إلا أنه ظل مخلصا لشغفه وحبه للموسيقى واستمر على إحياء الحفلات الموسيقية في داره عازفا على البيانو تارة، وتارة على آلته المشابهة للآرغن الهوائي بمسطبة مفاتيح يسيطر بها على العديد من الفوهات الهوائية التي تتذبذب فوقها وريقات معدنية كلما داعبها الهواء المنفوخ إليها من الأسفل فتصدر من تحت أنامله ألحانا عذبة.

استمر(بلانك) في نشاطه الوقاد واستمر ذهنه يتدفق علما حتى عام (1897) حين نشر أهم كتبه وقد كان بعنوان (Vorlesungen uber Thermodynamik) والذي كان عبارة عن موسوعة قيمة شملت العديد من المقالات والمصادر الخاصة بعلم(الميكانيكا الحرارية) أضاف إليها أطروحته السابق ذكرها والتي كان قد أنجزها عام (1879)، مع أهم البحوث والأفكار والملاحظات المتداولة حتى عام (1896). وقد اعتبر هذا العمل الفذ أساسيا في حقل الفيزياء الحديثة لدرجة أنه ظل المرجع المفضل والأكثر استعمالا في ذلك العلم ولفترة ناهزت الخمسين عاما. أما اهتماماته الأخرى في مختلف حقول الفلسفة والدين والقيم والاجتماعيات فقد ظلت متقدة بينة على الصعيدين العلمي والاجتماعي، فهو الذي قدم اقتراحه الشهير (بضرورة وضع الهدف الواضح والمحدد الذي يبين الغاية من (العلم) بحيث يمكن إيجاد الخلفية المشتركة

والمناسبة والتي عليها تقع مسؤولية ربط كافة القوى الطبيعية في الكون بقوانين موحدة. وقد بين في مقالتــه المنشورة عام (1899) في الدورية الألمانية المعروفــة باسم (Sitzungsberichte der PreuBischen Akademie der Wissenschaften) اعتقاده بحتمية وجود ما أسماه (بالوحدات العلمية الطبيعية) وفسرها بأنها وحدات موضوعية لا تعتمد على نوع المواد أو أصولهــا ولا على القوانين الخاصة بكل مــادة على حدة وإنما هي عبارة عن وحدات (قياس مشتركة) تحافظ على معانيها وقيمهــا بكل الأوقات؛ لكافة المواد، لجميع الحضارات حاضرها وتليدها بما في ذلك خصائص وتفاصيل الحياة الكونية (خارج الكرة الأرضية)، وحتى الأصول الحياتية غــير الإنسانية، إذا ما صادف وأن اكتُشفت في الكون. وفي ذلك نظرة فلسفية عميقة وإيمان بين بوحدة الكون وما فيه. إلا أن مثل تلك الوحدات لازالت بانتظار الدعم النظري من العلماء والرياضيين والدعم الواقعي من الباحثين والمجربين، لإثبات وجودها من عدمه.

ولعــل أقــرب فكرة عملية وعلمية ملموســة لما سبق اقتراحه هو توصل العلمــاء إلى الاتفاق على مــا اصطلح تسميته (بوحدات بلانك) أو (الوحــدات الطبيعية) وذلك تخليدا واحتراما لرغبته في إيجاد تلك الوحدات (الموحدة) لتوصيف (كل) ما يحدث في الكون! وما تمكن العلماء من تحديده وتوحيــده من خصائــص وصفات هذه الوحدات كونها وحدات مشتركــة لقياس الطول والكتلة والوقت والشحنة الكهربائية ودرجة الحرارة المطلقة صيغت بطريقة تجعل بالإمكان اختزال خمسة (5) ثوابت أصلية وأساسية في علم الفيزياء إلى ثابت واحد عند استعمال (وحدات بلانك).

امــا الثوابت الخمسة آنفة الذكر والتي سعى (ثابت بلانك) لتوحيدها فهي سرعة الضوء في الفراغ (c) وثابت الجذب العام (G) وثابت بلانك المختصر ($\hbar$) والذي يرتبط بثابت بلانك الاساســي بالعلاقة [$\hbar=h/(2\pi)$] و (h) هو ثابت بلانــك الأساسي وثابت قوي كولوم [$1/(4\pi\varepsilon_0)$] حيث (ε_0)هي السماحية[1] في الفراغ و (k) هو ثابت بولتزمن.

(1) السماحيــة Permitivity: هي كمية فيزيائية تصــف تأثر وتأثير مجال كهربائي معين بالقطبية الكهربائية، وتعرّف بأنها قابلية مــادة مــا للاستقطاب نتيجة تأثرها بتيــار خارجي عنها وتعمل على تقليل قيمة ذلك التيار داخلهــا. أو هي قابلية مادة ما (للسماح) بانتقال التيار الكهربائي داخلها أو خلالها وتقاس بوحدة (الفاراد) على المتر(F/m).

ولعلـه مـن المبالغ فيه أن يطلق بعض الفيزيائيين مسمى (الثابـت الإلهي!) على ثابت بلانك هذا فقط لإعانته إياهم على التخلص مـن العديـد من الثوابـت (العرضية) آنفـة الذكر ويعوض وحداتها بوحـدة مشتركـة واحدة. ومن المفارقـات المدهشة في هذا الصدد أنـه وفي الوقت الذي نضجت لديـه إمكانية طرح فكرة (الوحدات الطبيعية)، لم يكن (بلانك) قد اكتشف قانون إشعاعه الخاص بالأجسام السوداء الذي سجل الظهور الأول لثابته المعروف باسمه، [ثابت بلانك (h)] بعد.

ولم يمـر الكثير مـن الوقت حتى حاز هذا (الثابـت) على اهتمام العلمـاء والباحثين فعمد كل من (جـون. د. بـارو – Barrow John D.) و (فرانك تبلـر – Frank Tipler) إلى اشتقاق قيم العديـد من (وحدات بلانك) الخاصة بالطول والزمن والكتلـة فـي كتابهم المعروف باسم (مبادئ وصفـات الكون المحسوس بشريـا) وخلاصة ما بينا فيه هو أن قيمتي طول وزمن (بلانك) تبلغ من الصغر بحيث أنهما يعبران عن مقادير أقل بكثير من القيم المعروفة لأبعاد الذرة والزمن بأسس عديدة.

أما كتلة بلانك فقد تقارب كتلة حبيبة رمل!.

$$\text{طول بلانك} \quad l_{\rm p} = \left(\frac{G\hbar}{c^3}\right)^{1/2} \approx 10^{-33}\text{cm}$$

$$\text{زمن بلانك} \quad t_{\rm p} = \left(\frac{G\hbar}{c^5}\right)^{1/2} \approx 5 \times 10^{-44}\text{s}$$

$$\text{كتلة بلانك} \quad m_{\rm p} = \left(\frac{c\hbar}{G}\right)^{1/2} \approx 10^{-5}\text{gm}$$

ولعل خير من يصف الدور الذي لعبته الصدفة (أو هل لي أن أقول القدر) في كيفية توصل بلانك إلى معادلتـه الخاصة بـ... ومن ثم قانونه الخاص بإشعاع الأجسام السوداء، حينما كان في (برلين) هو ما ذكره (هنريك سمث – Henrik Smith) في كتابه (ميكانيكا الكم) والذي جاء فيه:

((بعد أن احتسـى (بلانك) وأفراد عائلته فناجين الشـاي بعد ظهر يوم الأحد الموافق 7 تشرين أول أكتوبـر مـن عام (1900) والذي كان مناسـبة ممتعة لتبادل الأحاديـث بمختلف أهوائها واتجاهاتهـا (علميـة كانت أم عائلية أم اجتماعية) – جلس هو للراحة على مكتبه حتى المسـاء

يداعب أوراقه بقلمه محاولاً أن يضع بعض الأفكار والصيغ مما مرت في ذهنه عصر ذلك اليوم. ومن بينها كيفية صياغة معادلة شاملة من شأنها التوحد بين تصرف مجالات الأطوال الموجية، القصيرة منها والطويلة وصهرهما معا في بوتقة واحدة متناغمة مع مفهومي [(رايلي) و (فين)]. لا أحد يدري فيما إذا كان بلانك قد نام أو لم ينم تلك الليلة ولكنه من المؤكد أن الإشعاعات الأولى من خيوط فجر اليوم التالي كانت أول من شهد ولادة (قانون إشعاع بلانك) ولما يمر على التفكير به وصياغته أكثر من (اثنتي عشرة ساعة). وقد تم وضعه في قالبه النهائي بعد اثني عشر يوما فقط. وفي القانون بلور (بلانك) ما سمي لاحقا (بقانون بلانك) وكانت المرة الأولى التي رأى فيها النور، وبعد شهرين نشر (بلانك) اشتقاقاته لقوانين الإشعاع بطريقة تضمنت فرضيات وأفكارا لم ير علماء فيزياء القرن التاسع عشر مثلها من قبل)).

لقد عمد (بلانك) إلى توظيف المعادلات والنظريات التي تضمنت ما سمي (بالكميمات quanta) ولأول مرة لتفسير تصرف الطيف المعروف للأشعة الكهرومغناطيسية، وملخصها مفهوم انتقال الطاقة على شكل (جيوب – أو وحدات أو كميمات (مصغر كمية) صغيرة جدا وتمت دعوته لشرح موقفه وآرائه الجديدة أمام اجتماع المجمع العلمي الفيزيائي الألماني في (برلين). ازداد احترام وتقييم المجتمع العلمي والفيزيائي على وجه الخصوص لجهود وعبقرية (بلانك) وطريقة تفسيره (لقانون الإشعاع)، الأمر الذي قاده لتسنم منصة استلام (جائزة نوبل) للفيزياء في عام (1918). وقد جاء في خطابه أمام لجنة الجائزة ما يلي:

((لعل من المفارقة أن أضعكم – سادتي الأفاضل – أمام اختيارين لا ثالث لهما: الأول هو احتمال أن يكون موضوع (الكم والكميمات) الذي أسوقه اليوم إليكم ضربا من الخيال وشطحة من شطحات الزمن، وعندها سنرمي جميعا بكافة نظريات الإشعاع ونتائجها في سلة الوهم ولن نعتبر كل ما حدث إلا ملهاة تم تمثيلها بلا شخوص ومسرحية تراجيدية بلا أهمية ولا عنوان مات بطلها (قبل أن يولد)! – أو أن أستمر بعملي وأستخدم تلك (الكميمات) في اشتقاق قوانين الإشعاع باعتبارها أسساً حقيقية وصلبة استمدت قوتها من مفاهيم متماسكة في عمق الكيان الفيزيائي. وإذا ما صحت الفرضية الثانية فمن واجبي – سادتي الأعزاء – أن أنبهكم إلى أن

هـذا المفهوم الجديد وإذا ما تفضـلتم بقبوله - لابـد وأن يلعب دورا محوريا أساسـيا في الفيزياء ومنذ اليوم... دورا لم يسبق أن سمع به أحد أو أن لعبه أي (معامل) أو قانون فيزيائي من قبل... وسـنتوقع حينها نتائج لم تخطر على بال، أبسـطها أن ذلك القبول سـيحتم علينا إعادة صـياغة تفكيرنـا الفيزيائي صـياغة جذرية كاملة. وهنا احذركم - أيها السـادة - بـأن كل ما عرفناه من فيزياء قبل اليوم ومنذ أن فتحنا أعيننا على الأفكار الأزلية اللانهائية للفيزياء الهندسية والتحليلية والتفاضـلية التي جاء بها كل من (ليبنز - Leibnz) و (نيوتن - Newton) والتي حتمت علينا قبول مبدأ الاستمرارية في كل الأسباب والمسببات وحتى اليوم.... سينهار. كما وأشهدكم أيضاً بأن هذه الفكرة ستحدث زلزالا هائلا يقلب مفاهيم الفيزياء وكل ما له صلة بها رأسا على عقب. وأختم - سادتي الأفاضل - بالاعتذار عن عدم ترك أي فرصة أو مجال لكم للاختيار بين الفكرتين السالفتين فاليوم هو الفيصل لقبول مبدأ (التقطع) في الزمن والأمواج والوجود بالقول إن التجارب المختبرية قد حسمت موضوع الاختيار للاحتمال الثاني وإلى الأبد)).

كتب هوبر (Hopper) وكاين (Gwynne) يقولان:

((لقد كانت الأسابيع والأشهر الأولى والتي أعقبت إعلان (بلانك) مملة ثقيلة بطيئة الخطا، فلقد ظهر أن (بلانك) كان يعزف (بلا قيثارة!) وحيدا في غابة صـماء فلم يعر أي فيزيائي لما صـدح به أي اهتمـام! ولا غرابة في ذلـك إذ إن من مذهب الفيزيائييـين (ولي أن أقول سـائر شرائح المجتمع) أن يتريثوا ويتثاقلوا وحتى قد يرفضـوا قبـول كل ما هو جديد غير معتاد، خصوصا أولئك الذين نشأوا واعتادوا على التفكير الكلاسيكي ولم تتح لهم فرصة التعـرف على الخلفية العلمية الحديثـة، أو الاطلاع والخوض في دقائـق الأفكار الفيزيائية الثورية الحديثة. ولهذا السبب ولذلك قرر غالبيتهم الانتظار والتريث وعدم الاندفاع لتأييد الهتـاف الجديد... وإلى أن ينجلي غبار المعركة بين الفكرتين وينبري من يؤيد أو يناقض ما جاء به (بلانك) ويؤكده أو ينقضه مختبريا من زاوية أو أخرى من زوايا الفيزياء التجريبية)).

انتهـى انتظـار الفيزيائيين للحدث الحسم بأسـرع مما كانوا يتوقعون حين نشـر (اينشتين) في عام 1905 (وبعد سنوات قليلة من إعلان بلانك استخدام المفهوم (الكميمي) لتفسير قانونه في الإشعاع)

تصوراته باستخدام فكرة الكم وكميمات الطاقة لتفسير نتائج تجربة حيرت الفيزيائيين لسنين خلت، ألا وهي تجربة التأثير [(الضوئي - الكهربائي) - The Photoelectric Effect)]، والتي فسرها اينشتين (مستعينا بالإثباتات العلمية) بالاستناد إلى فكرة انتقال وامتصاص الطاقة على شكل (مظاريف أو كميمات صغيرة مفردة). ودارت عجلة الحياة حتى ظهر مقال بلانك في كتابه (سيرتي العلمية الذاتية وأوراق أخرى) والذي جاء فيه:

((لا يشهد لنا التاريخ ظهور قانون جديد أو فكرة جديدة نمت وترعرعت وصلب عودها تدريجيا أمام أعيننا حتى تلاشى من أمامها خصومها وذاب تحت ضرباتها المعارضون لها حتى استقرت على عرش التفكير الفيزيائي، بين ليلة وضحاها. فلم تُبْنَ روما بليلة واحدة وما يحدث عادة (وهذا ما أثبته التاريخ) هو أن الأفكار الجديدة لا تجد طريقها للظهور على مسرح الأحداث إلا بعد موت معارضيها وظهور الأجيال الجديدة التي سبق لها أن تعرفت إلى مثل تلك الأفكار من قبل)).

توفيت (ماري) زوجة (بلانك) عام (1909) بعد أن يتمت له أربعة أطفال وفتحت عليه أبواب النحس وسوء الطالع على مصاريعها، حتى اضطر أن يتزوج في عام (1911) من ابنة أخت زوجته كي تعينه على تربية صغاره. وبعد طويل معاناة وكثير كفاح قُتل ابنه كارل في الحرب العالمية الأولى وانتقلت كلا ابنتيه إلى جوار ربهما إثر ولادتيهما المتعسرتين في عامي (1917 و1919) على التوالي.

شغل (بلانك) منصب سكرتير الشؤون الرياضية والعلوم الطبيعية في الأكاديمية البروسية للعلوم ما بين عامي (1912 و1943)، ولما أرادت بلدية مدينة (فرانكفورت - Frankfurt) تكريمه بمنحه جائزة (كوته - Goethe Award)، اعترض وزير الإعلام النازي (جوزف كوبلز - Joseph Goebbels)[1] على ذلك [لأن (بلانك)

(1) هو الدكتور بول جوزف كوبلز (1897-1945) - سياسي ألماني نازي شهير ووزير الإعلام الهتلري وأحد أخلص معاونيه المناوئين للسامية، حصل على شهادة الدكتوراه في الآداب عن أطروحته حول (أصول الدراما الرومانسية في القرن الثامن عشر). كان مسؤولاً عن محارق اليهود، واصل تجييش الشعب الألماني للحرب. انتحر مع زوجته (ماجدة - Magda) بعد أن قتل أولاده الستة الصغار وذلك بعد انتحار (هتلر) وعشيقته (ايفابراون) بيوم واحد. (المترجم).

ورغم كونه مواطنا ألمانيــا، إلا أنــه كان لا يخفي تعاطفه مع اليهودي (البرت اينشتين)].

ذكــر (ألان ا. كرومتستــين – Alan A. Grometstein) في كتابــه (أعماق الحقيقة: مقالات في الميكانيكا الكميمية) ما يلي:

((لمــا بزغ فجر الرايــخ الألماني بزعامة (هتلر) وقويت شــكيمته، اختار (بلانــك) أن يبقى في موطنه (ألمانيا) بدل الفرار إلى (الحرية) في بلاد أخرى، ولقد عارض علنا سياسة الرايخ الثالث واعتبرهــا بمثابة سرطان سيؤدي بالأمة وإنجازاتها إلى الدمار ولكنــه مع ذلك ظل على ولائه لوطنه وآمن بأن وجوده فيه أفضل من وجوده خارجه على الأقل كمظهر من مظاهر (الحضارة) التي بدأت المانيا بفقدانها تحت سياسة (هتلر). ولعله كان مصيبا في ذلك فلقد عُرف بمساعدته وإيوائه وحمايته للعديد من أصحابه الذين كانوا أكثر عرضة للأذى والاضطهاد)).

لقــد دفــع (بلانك) ثمن ولائه غاليا فلقد عانى الأمرين من وجــوده في بلاده وإخلاصه لوطنيتــه ومبادئــه، فلقــد مُسح بيته الريفــي (في إحدى ضواحي برلين) عن بكرة أبيــه والتهمته النيران إثر غارة جوية للحلفاء. وفي تلك الغارة فقد (بلانك) بل العالم بأسره معظم أعماله العلمية العظيمة وتسجيلاته وملاحظاتــه البارعة وإلى غــير رجعة، أضف إلى كل معاناته تلك قيام الجستابو (وهو الحرس السري الألمــاني) بتعذيب ولده (ارون – Erwin) حتى الموت في غياهب أحد السجون وذلك أثناء انتزاع اعترافاتــه بشأن معلومات عن ضلوعه في مؤامرة اغتيــال (هتلر) الشهيرة. والحقيقة أن (ارون) هذا كان – على الأغلب – بريئاً من تلك التهمة فهو لم يكن متورطا إلا بقدر ما يمكن أن يكون قد عَرف أحد الضالعين بها. لقد هرب (بلانك) من العاصمة وقد ناهز الثمانين من العمر (80) وآثر أن يقضي ما تبقى من حياته في الريف بعيدا عن الأنظار والملاحقة التي أقضت مضجعه ومضجع من تبقى من أفــراد عائلتــه، إلا أن سوء الطالــع لاحقه وهو في خريف عمره فلما جاء أمــر تفتيش الريف وإخلاء دوره من ساكنيها كان (بلانك) قد بلغ الرابعة والثمانين وكان أضعف من أن يتمكن من الهجرة أو المعارضة فاختار أن ينزوي بعائلته ويقيم لنفسه ولها خيمة في عمق الغابة ليكمل ما تبقى له من سني حياته فيها. ولكنه ومع كل آلامه ومصائبه كان قد قاد قارب حياته وعاشها حافلة طويلة متنوعة مليئة بالأفراح والأتراح، فهو من القلائل الذين عاشوا ليشهدوا شموخ إنجازاتهم الرائعة وتقدير العالم لهم

ولهـا، فلقد مُنـح العديد من الجوائز والتي توجها بحصوله على (جائـزة نوبل). ومن بين المناصب الفخريـة التي تشـرف (بلانك) بتقلدها انتخابه زميلا للجمعية الملكيـة في عام(1926)، وحصوله على ميداليتها في عام (1929)، وانتخابه زميلا للمجمع الملكي في أدنبره عام (1937). وفي ذات العام وقف ليلقي محاضرة بعنوان (الدين وفكرة الطبيعة) قال فيها:

((إني على أتم اليقين من وجود الخالق (عز وجل)، وهو الأزلي في كل مكان وزمان ولا أشك في ذلك مطلقا، وهو بعظمته سبحانه لابد وأن يكون عظيما وعصيا على الإدراك بذاته ولكن هناك الكثير والكثير جدا من الإشارات التي تترجم عظمته لنا)).

لقـد نضـج تفكير (بلانك) في سنينه الأخـيرة – حاله حـال العباقرة السابقـين والمعاصرين – أمثال (اينشتـين) و (نيوتن) و (كبلـر) وغيرهم وبدأ يفكر بعمق أكثر في ماهية الكـون والوجود، فلقد اقتنع في قـرارة نفســه بعظمة الكـون والوجود ولهـذا لم يكن كامل الاقتنـاع بأن وحدة هـذا الوجود هي (الكميمـات) والتي من اكتمالها وتضافرها نتج الكون برمتـه. قد تكون خطوة صحيحة وفي الوقت المناسب على طريق طويل ولكنها لا يمكن أن تكون النهاية والحل (لكل شيء)! كما اقتنع أيضا بأن هذا الكون وهذا الوجود بما يحويه من نظام محسوس وترتيب ظاهر لا يمكن أن يكون بلا هدف وبلا تعريف أي أن يكـون (مبهما)[1] وهو المصطلح الإحصائي (والواقعي) الذي اعتقد بوجوده العديد من العلماء ومنهم الفيزيائي الشهير صاحب نموذج الذرة المعروف [نيلز بور (1962-1885) Neils Bohr] و [فيرنر ويرنر هايزنبرك (1976-1901) Werner Heisenberg].

آمن بلانك بأن (الحقيقة المطلقة) شيء سام يحتفظ لنفسه بموضع خارج الإدراك ولم يهضم يوما الفكرة القائلة بأن الملاحِظ والملاحَظ مرتبطان بشدة كما اعتقد العديد من العلماء ومنهم (بور Bohr) نفسه.

(1) المبهـم (Indeterminate) وهـو مصطلـح يعني الـذي يمتلك مالا نهاية له مـن الحلول أو الذي لا يمكـن إدراكه أو تعريفه كالاصطلاحات الرياضية السبعة وهي: [∞^0 و $\infty \times 0$ و ∞/∞ و $\infty-\infty$ و 1^∞ و $0/0$ و 0^0]
[المالانهاية مرفوعة إلى القوة صفر وحاصل ضرب المالانهاية بصفر وتقسيم قيمة لانهائية على أخرى لانهائية وطرح قيمة لانهائية مـن أخرى لانهائيـة ورفع أي عدد صحيح حقيقي إلى القوة مالانهاية وحاصل قسمة صفر علـى صفر ومقدار قيمة الصفر مرفوعاً إلى القوة صفر]. (المترجم).

ولكـــي تكتمل مأســاة حياة هذا النابغة نراه (وقبيل المشهــد الأخير من حياته) وقد حوصر بين جيوش الحلفاء المتقدمة من جهة وفلول الألمان المتقهقرة من جهة أخــرى، ولم يجـد نفسه إلا أســيرا مقادا من قبل الأمريكان هذه المرة عندمــا عُثر عليه وحيدا بجانب منتجعه المجاور لنهر الألب والذي كان حطاما أقرب منه أن يكون ملاذا. وهكذا اقتيد إلى معسكر كوتنكين (Gottingen) للأسرى والذي شهد طي الصفحة الأخيرة من سيرة حياة هذا العملاق عن عمر قارب التاسعة والثمانين عاما.

في كتابهما الرائع[(100) عام من كميمات (بلانك)] توقع كل من (ايان دك Ian Duck) و (سودارشان E.C.G. Sudershan) ما سيقوله المستقبل عن عصرنا وعن بلانك ما يلي:

((سينظر مؤرخو القرن الواحد والخمسين (العام 5000 ب. م) أي بعد (3000) سنة من اليوم إلى ملفاتهم القديمة بتنهد وسيضــطرون إلى إزالة كميات لا بأس بها من غبار الســنين عنها وسيستجمعون هممهم للبحث عما اســترعى الانتباه واستحق أن يدون بإعجاب بشــأن القرن العشرين (فهم سينظرون إلى تراثنا العلمي بدهشة تشبه دهشتنا وإعجابنا بتفاصــيل حروب طروادة وأســبابها وأبطالها - هيلين وبارس واشــيلوس) ولابد أن يســترعي انتباههم ضــخامة هذا الإرث العظيم - ولا ســيما إنجازات الثورة العلمية في فروع الفيزياء - ومن خلال نقاشــاتهم (والتي غالبا ما ســتكون عن طريق توارد الخواطر عبر الأثير) لا نخالهم ســيختلفون عن اختيار أكثر تلك الأحداث تأثيرا في الحياة العلمية والتي ستكون وبلاشك فكرة (بلانك) للطاقة بصورتها الكميمية كما كان قد جاء بها في عام 1900 !!)).

لقد فتح (بلانك) بابا عظيما على مصراعيه (وهدى عقولا خارقة) إلى حقيقة بالغة الأصالة امتازت بــذروة الإبداع وقمة الغرابة والغموض مع مطلق الأهمية لإدراك منتهى الحقيقة في هــذا العــالم بحيث لا يمكننا الآن أن نتصور إلى مــاذا ستقودنا هذه الحقائق التي لا يوجد لدينا أدنى تصور عن منتهاها.

تقديرا لجهوده الفكرية وتخليدا لذكراه، سُميت إحدى فوهات القمر والبالغ قطرها (314

كيلومترا) باسمه وصادقت الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين على ذلك في عام (1970).

تمكن الباحثون في مختبرات سانديا (Sandia) الوطنية عام (2003) من تخليق مادة فاقت توقعات (قانون إشعاع بلانك) للأجسام السوداء لتلك المادة! وما قاموا به عمليا هو تصنيع خويطات من (بلورات) عنصر التنكستن[1] فاقت في طاقتها المنبعثة عند تسخينها في مديات محددة من الطيف القريب من الأشعة (تحت الحمراء) مقدار الطاقة المنبعثة من الخويطات (الصلبة) المصنعة من ذات العنصر. وتكهن الباحثون أن هذا الشكل الجديد من العنصر المعروف سيشكل (يوما ما) حجر الأساس لتوليد طاقة نظيفة فائقة الجودة ومن نوع جديد، فلقد تمكنوا من إثبات أنه بإمكان الإشعاع المنبعث من خويط التنكستن والمصنوع (حصريا) من بلوراته أن يضخ الطاقة خلال مديات موجية موالفة مع أنواع متطورة من الخلايا (البطاريات) الكهوضوئية والتي ستستطيع – حسب طبيعتها – من تحويلها إلى طاقة كهربائية نظيفة. هذا وتنقاد البلورات الجديدة هذه والمسماة (بالبلورات الكميمية الضوئية) إلى (قانون بلانك) آنف الذكر والذي يصف تصرفها كجسم أسود وليس كيان بلوري ضوئي كميمي. ولإيضاح ما سبق أنقل إليك شرح أخصائيي أبحاث تلك المادة كما يلي:

((من الظاهر أن هذه المصفوفات البلورية المتكررة تقود خطوط الطاقة المارة بها عبر أواصر وفجوات معينة محددة وتحفزها للخضوع لتداخلات عنصر (التنكستن) مع الفوتونات الضوئية وبطريقة فاقت توقعات (بلانك) نفسه عندما صمم وفكر ووضع قانونه الرائع لمخارج الطاقة وكمياتها عند تسخين الأجسام السوداء الكلاسيكية. ولابد لنا من التأكيد هنا على أن لكيانات هذه المواد البلورية المتكررة قابلية إصدار كميات أكبر من الطاقة تفوق ما تبعثه موادها الخام الطبيعية فقط ضمن نطاق المديات الذبذبية (والأطوال الموجية) التي يسمح تكوينها المادي البلوري والتكراري الداخلي للطاقة أن تخترقها وتعبر من خلالها)).

(1) التنكستن (Tungsten): وهو عنصر رمادي – مبيض ثقيل ينتمي إلى عائلة الكروميوم والمليبدينيوم عدده الذري (74) ورمزه الكيماوي (W) وقد يسمى (Wolfram) ويستعمل لتقوية الكربون والحديد في سبائكه وفي صناعة خيوط (اللمبات) الكهربائية. (المترجم).

وختاما أظنني عبرت – وبوضوح – خلال تصفحي لسجل حياة هذا العالم عن اهتمامه وولعه الشديدين بالثوابت الفيزيائية الأساسية، فمن المعروف أن هذه الثوابت الأساسية – وخذ سرعة الضوء (c) في الفراغ مثالا على ذلك – قد اتفق على اعتبارها ثابتة أزلية غير خاضعة للتغيير (وهذا هو الأساس وحجر الزاوية في (نظرية اينشتين النسبية)، ولكن الجديد في الموضوع أن علماء القرن الواحد والعشرين ما فتئوا يدعون أنهم تمكنوا من رصد وقياس تغيرات طفيفة في تلك القيم (الثابتة)! فمثلا اقترح العديد من العلماء وفي أماكن متباينة من العالم عام (2006) – أمثال الفرق الفيزيائية وعلماء الفلك في هولندا وروسيا وفرنسا – أن قيمة الثابت (μ) ميو – والذي يمثل نسبة كتلة البروتون إلى كتلة الإلكترون قد تكون قد (نقصت قليلا!) في الوقت الحاضر عما كانت عليه قيمتها عند لحظة ولادة الكون. ومن المدهش أن ملاحظاتهم وآراءهم هذه كانت قد بنيت على أساس الحسابات والأدلة التي حصلوا عليها من دراسة نماذج أطياف امتصاص الضوء لجزيئات الهيدروجين المتموضعة في اعماق سحيقة من الكون مقارنة بأطياف امتصاص الضوء لجزيئات هيدروجين موجودة في المختبر.

ولإلقاء شيء من الضوء على خاتمة هذه الرحلة، لابد لنا أن نوضح – وبالاستناد إلى سرعة الضوء والزمن اللازم له لبلوغ مراصدنا وآلات قياسنا وزيادة هذا الزمن كلما أمعنا في مراقبتنا لأغوار أعمق من الكون، بأن على الدارس لتلك الإشارات أن يعي بأنه سيكون كمن يقلّب صفحات الزمن (بالمقلوب – أي من الحاضر إلى الماضي) ليعلم وليدرس ما حدث آنذاك. وقد يتمكن العلماء من الاستعانة بمثل تلك الاكتشافات لتحديد أسس مقارنتهم لثوابت الكون والبت في ثبوتها أو تغيرها مع الزمن. وأخيرا لابد لعلم الفيزياء من تقديم شحنات إضافية من (كميمات) المعرفة وإدخالها إلى (بلورات) الكيان العلمي العالمي الحالي لغرض إقناع علمائنا الآن لقبول تلك الفرضيات والشروع باستخدامها كأسس جديدة لاكتشافات (أغرب)! في المستقبل.[1]

(1) وهنا لا أجد خيراً من الآية الكريمة ﴿ويسألونك عن الروح قل الروح من أمر ربي وما أوتيتم من العلم إلا قليلا﴾ صدق الله العظيم، سورة الإسراء. الآية (85)، كي أختم بها كل ما سبق. المترجم.

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Barrow, John D., and Frank Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle* (New York: Oxford University Press, 1988).

Duck, Ian, and E. C. G. Sudarshan, *100 Years of Planck's Quantum* (Singapore: World Scientific, 2000).

Grometstein, Alan A., *The Roots of Things: Topics in Quantum Mechanics* (New York: Springer, 1999).

Hooper, Henry, and Peter Gwynne, *Physics and the Physical Perspective* (New York: Harper and Row, 1977).

Kragh, Helge, "Max Planck: The Reluctant Revolutionary," *PhysicsWeb*, December 2000; see www.physicsweb.org/articles/world/13/12/8/1.

Kreith, Frank, and Mark S. Bohn, *Principles of Heat Transfer*, 6th edition (Pacific Grove, Calif.: Brooks/Cole, 2001).

Planck, Max, *Scientific Autobiography and Other Papers* (New York: Philosophical Library, 1949).

Singer, Neal, "Energy Emissions Far Greater Than Predicted by Planck's Law: Revolutionary Tungsten Photonic Crystal Could Provide More Power for Electrical Devices," DOE/Sandia National Laboratories, July 8, 2003; see www.newmaterials.com/news/2245.asp.

Smith, Henrik, *Quantum Mechanics* (Singapore: World Scientific, 1991).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

– لابـد مـن وجود الله (جل وعلا)، لأن في الرياضـيات التناغم والتوافـق والحقيقة، ولابد من وجود (الشيطان) لأننا لا نستطيع إثبات ذلك التناغم والتوافق ولا تلك الحقيقـة![1].

كلين

Morris Kline، Mathematical Thoughts from Ancient to Modern Times.

مقتطف من كتابه (الأفكار الرياضية منذ فجر التاريخ وحتى وقتنا الحاضر).

– لم الخلاف ولا يوجد أي فارق جوهري بشـأن قدرية تصرف الكون فيما إذا كان مصـدرها الله (الإله الأحد القادر سـبحانه) أو أنها نابعة من قوانين الطبيعة... فإننا وعلى كل حال يمكننا دائما أن نُرجع كافة قوانين الطبيعة ونرصها معا تحت عنوان (إرادته) جل وعلا.

هاوكنج

Stephen Hawking، Black Holes and Baby Universes

مقتطف من كتابه الشهير (الثقوب السوداء والأكوان الفتية).

(1) حسب ترجمة النص.

– تمنح قوانين الطبيعة دورا محددا معلوما لحدود ومفاهيم معينة. ولكننا لا نعرف حقيقة ولا كنه هذه الحدود ولا أصل تلك المفاهيم. إن كل ما استطعنا معرفته عن تركيبها (وإلى اليوم) هو أنها عبارة عن (حقول كميمية ابتدائية)، تمتاز بالدقة الكاملة وبالبساطة المتناهية لأنها تحكم بالتماثل وتمتاز به، ولكن تلك الحقول ليست من الاشياء التي يسهل إدراكها فلا خلفية لنا عنها! وكل ما يمكننا تأكيده هنا هو أن كل مفاهيمنا الحالية والاعتيادية بخصوص الفضاء والوقت والسببية والتكوين والتركيب والمادة والطاقة سوف تقف عاجزة وتفقد كل ما تعنيه مسمياتها عند ذلك المستوى.

ولكننا بالمقابل قد تمكنا (وعلى مستوى الحقول الكميمية فقط) من فهم... وبدأنا بالفعل نتلمس (الحقيقية) بصورتها المبسطة المقبولة.

وينبرك
Steven Weinberg "Is Science Simple?" in The Nature of the Physical Universe.
مما كتبه في كتاب (طبيعة الكون الفيزيائي) تحت عنوان (هل يمتاز العلم بالبساطة؟).

– الفيزياء بوتقة نادرة تجمع داخلها مفهومي الاختراع والاكتشاف معا!! خذ (قانون نيوتن في الجذب العام) و (قانونه في الحركة) مثالين.. تراهما عبارة عن نموذجين رياضيين يحاكيان العالم الحقيقي في تصرفاته واستنادا على ذلك نعتبرهما اكتشافين، ولكنهما (وفي الوقت ذاته) كانا اختراعين خالصين أنجزهما عقل (نيوتن) نفسه وكانا من بنات أفكاره. ولعل في(التقريبية) التي تصبغ هذين القانونين (وغيرهما من قوانين الفيزياء) أي (عدم تطابقهما مع الواقع) بكل تفاصيله بالضبط لهو الدليل على خلوهما من الإطلاق والسرمدية وقد ينعتهما المتشددون بالتوصيف الذي (ينقصه الكمال). ولكن الكون – في المقابل – هو الكون كما هو ونظريات البشر لتوصيفه لابد وأن تعتبر اختراعات لأنها (أوجدت) ولم تكن من قبل، كما يمكننا اعتبارها اكتشافات لأنها تعكس وببساطة واقعا (موجودا) قبل وجودها. وعلى أي حال أجدني على يقين بأننا سوف نسعى وسنظل دائما نبحث في سعينا عن النماذج (المحاكية)، وليست (المطابقة) للكون وتصرفاته لأننا – وهذا هو الواقع – لسنا إلا مراقبين له نصفه من (الخارج إلى الداخل) دائما، ولن نتمكن يوما من إدراك كنهه من (الداخل إلى الخارج) ولو حرصنا!

هوبسن
Nick Hobson، 2006 ، personal communication with the auther.
من مراسلة شخصية له مع المؤلف.

قانون براك لاستطارة الضوء في البلورات

BRAGG'S LAW OF CRYSTAL DIFFRACTION

بريطانيا (1913):

تعتمد زاوية أعظم شدة انعكاس لشعاع مسلط على سطح بلورة معينة على الأبعاد الفاصلة بين مستويات ذراتها، وعلى طوله الموجي.

من أحداث عام 1913:

- اعتقال (المهاتما غاندي) قائد العصيان المدني السلمي الهندي ضد الأمبراطورية البريطانية.
- ولد المؤلف الفرنسي الشهير البير كامو (Albert Gamus) وولد الرئيس السابع والثلاثون للولايات المتحدة الأمريكية ريتشارد نيكسون (Richard Nixon).
- افتتحت بناية الوولورث (Woolworth) ودشن الخط المركزي لقطار أنفاق نيويورك.
- اشتهر وضع واستعمال السحابات (Zippers) في... وعلى الملابس.
- دشن (هنري فورد - Henry Ford) (صاحب إمبراطورية صناعة السيارات المعروفة باسمه) أول خط إنتاج (جملة) يعمل بواسطة الحزام الناقل في أحد مصانع سياراته.
- سوقت شركة تبوغ ر.ج. رينولدز (R.J.Reynolds) العملاقة ولأول مرة ماركة سجائرها الشهيرة (الجمل).

نص القانون وشرحه:

اكتشف كل من الفيزيائيين البريطانيين (السير دبليو اتش براك - W.H.Bragg) وولده (السير دبليو ال براك - W.L.Bragg) قانون (براك) والذي يفسر نمط استطارة الموجات الكهرومغناطيسية المنعكسة من على سطح البلورات المسلط عليها. ويُعتبر هذا القانون أداة فعالة ذات كفاءة عالية لدراسة البنية البلورية للمواد، فعندما تُسلّط موجات أشعة إكس على سطح بلورة مادة معينة فإنها ستتفاعل مع المستويات الذرية المكونة لتلك البلورة والتي ستعمل

على إعادة انعكاس أشعة تلك الموجات بكيفية تتداخل الواحدة منها مع الأخرى بشكل بناء فتعزز بعضها البعض بقيم رقمية كاملة يحكمها قانون (براك) كالتالي:

$$n\lambda = 2d\sin(\theta),$$

حيث تمثل (λ) الطول الموجي للإشعاعات الكهرومغناطيسية الساقطة (أشعة – إكس كما في المثال السابق).

و (d) مقـدار المسافات الفاصلة بين مستويات الكيان البلوري للمادة. و (θ) هي الزاوية الفاصلة بين الشعاع الساقط والأسطح التي يتشتت عنها خارجا من البلورة.

وتفسر هـذه الظاهرة حقيقة أن الأشعة الساقطة على سطح بلورة ما والمارة خلال طبقاتها (أي مستوياتهـا الذريـة) لابـد لها أن تنعكـس عن أحد تلـك السطـوح إلى الداخل لتعود وتقطـع (داخـل كيان البلورة ذاتها) نفـس المسافة التي قطعتها بدخولهـا قبل أن تتمكن من مغـادرة تلك البلورة. تعتمد المسافة المقطوعة داخل البلـورة على مقدار المسافة الفاصلة بين مستوياتهـا البلورية وعلى زاوية سقوط الأشعة التي سُلِّطتْ عليها أول مرة، وللحصول على الأشعـة المنعكسة (على شدتهـا العظمى) لابد لأمواجها أن تتماثـل بالطور(Phase)، كي تنتج نوع الانعكاس البنّاء آنف الذكر، عندها يكون المقدار (n) المذكور في المعادلة السابقة عـددا صحيحا. وعليه فـإن كلا من جزئي الشعـاع المنعكس عن سطـح المستوى البلوري الأول والثـاني (وقـد يكون مع الثالث والرابع... وكذا) في طـور واحد عند خروجهما من علـى السطح الخارجي للبلورة، وهكذا سيظهر بشـدة لمعان قوي أخاذ. ففي حالة (n = 1) سنحصـل على الانعكاس من الدرجة الأولى، وإذا كان (n = 2) فإن الانعكاس سيكون من الدرجة الثانية وهكذا.. يتحـول التداخل (البناء) تدريجيا إلى تداخل (هدام) عند تغيير قيمة (θ) في حالة مشاركة مستويين في استطارة الأشعة الساقطة.. ولكن عندما يشارك عدد كبير من صفـوف المستويات البلورية في عكس الأشعة الساقطة عليها، عندها يبلغ التداخل البناء مبتغاه كقيمة عظمى ويصبـح (لمعانا وتلألؤا) بشدة استثنائية بالنظر لحدوث الغالبية العظمى من التداخلات (الهدامة) فيما بين المستويات ذاتها ولا ينعكس عنها إلى الناظر إلا التداخلات

البناءة.. وهذا هو سر المنظر الآسر الأخاذ لبريق الماس وسر ارتفاع ثمنه[1].

إن لهـذا القانون فوائد جمـة منها قياس أطوال الموجات الكهرومغناطيسية وحساب أعـداد ومقادير الفواصل الكامنة ما بين المستويات الذرية للمواد البلورية الصناعية والثمينة كالماس والزمرد والياقوت وغيرها – ولقد وفر قياس ودراسة تصرف التداخل لموجات (أشعة إكس) في البلورات والذي عرف علميا (باستطارة أشعة – إكس) الدليل الحسي والمختبري الملموس للفكـرة القائلة بأن الكيانات الذريـة للمواد البلورية لابـد وأن تتشكل بمستويات متوازيـة مكونـة من مراكز ذرات المـادة المرتبة بتناظر وتماثل هندسي معـين ودقيق... والتي ظلت سائدة لقرون خلت تنتظر من يثبتها.

للفضوليين فقط:

• شغـف (بـراك – الابن) بالطبيعة وارتياد سواحل البحر بحثا عن القواقع حتى اكتشف نوعـا جديدا من الأسماك من فصيلة (Cattlefish) سمي علميا بـ (Sepiabraggi) تيمنا باسم مكتشفها.

كما سجله التاريخ كأصغر من وطئت قدماه منصة استلام (جائزة نوبل).

أقوال مأثورة:

– بالنظر للتضارب الجوهري بين صفات (الموجة والجسيم) – وهما شكلا انتقال الموجات الكهرومغناطيسية وتذبذب العلماء والفيزيائيين في حسم آرائهم حول تبني أي من الفكرتين وبالنظـر لتصرف تلك الموجات فعلا بالطريقتين المتباينتين فقـد سادت بلبلة فكرية كبيرة في الأوساط العلمية اقترح لها (وليم براك – الأب) الحل الساحر التالي:

---

(1) مـا يحـدد سعر الماس بالواقع هو الحرفية العالية في صقـل أوجهه واختيار الزوايا الملائمة على سطحـه وعلاقة الواحد بالآخر بطريقة تجعل الضوء النافذ إليه يمر بأكبر عدد ممكن من الانعكاسات (البناءة) داخله ليخرج بريقا أخاذا. (المترجم).

– لتجنب الخلاف قبل انفلات الزمام ولحل كافة مشاكلنا قبل أن يسود (الظلام)... فليطبق علماء وفيزيائيو القرن العشرين قوانين (النظرية الموجية) أيام الاثنين والأربعاء والجمعة وقوانين (نظرية الكم) أيام الثلاثاء والخميس والسبت أما أيام الأحاد فلياخذوا فيها إجازتهم في دورهم مع عوائلهم استعدادا لعمل الأسابيع الموالية... وفي ذلك خير لهم لو يعلمون عظيم!!

براك

William Henry Bragg، (Electrons and Ether Waves).

مقتطف من كتابه (الإلكترونات وموجات الأثير).

– لعل روح البغضاء والحسد تأبي إلا أن تمتد بأصابعها لتعكر صفو العلاقة حتى بين الابن وأبيه فلقد سبب العمل المشترك مشاكل جمة بينهما، وإن لم تطف على السطح بالنظر لتحفظ كلا الرجلين وابتعادهما عن النقاش الصريح الجارح في العلن لحل أزمتهما. لقد ظل حنق الإبن على أبيه دفينا وحقده متأججا بالنظر لشعوره الدائم بعدم إنصاف المجتمع العلمي له وإضفاء الهالة كاملة لشخص أبيه وظلمه إياه بوضعه دائما في ظله.

نورث

Anthony C. T. North، (Light is a Message - Book Review).

مقتطف من مراجعة كتابه (الضوء رسالة).

– ظل السير لورنس براك (الابن) والذي توفي في الأول من شهر تموز من عام (1971) عن عمر يناهز الـ(81) عاما متمسكا بيقينه الكامل بأنه هو (وحده) من أوجد هذا العلم الجديد الذي نذر نفسه لأجله وعاش من العمر ما يكفي ليشهد آثاره البينة على تطور العلوم الطبيعية ابتداء من علم الكيمياء اللاعضوية مرورا بعلوم المعادن ثم علم التعدين متوجا باستخداماته في حقول الكيمياء العضوية والحيوية.

بروت

Max Perutz، (A Hundred Years and More of Cambridge Physics، Sir Lawrence Bragg).

مقتطف من كتاب (مئة عام ونيف من (إنجازات) فيزياء - جامعة كمبردج - السير لورنس براك).

– كل ما حدث كان (جسيمات) وكل ما سيحدث سيكون (أمواجا) وما على (غربال) الزمن المسافر

إلا أن (يعجن) الأمواج بالجسيمات في (لحظة) القياس!

براك (الابن).

William Lawrence Bragg، quoted in Ronald Clark's ‹Einstein، Life and Times›.

مقتطف عنه في كتاب رونالد كلارك (اينشتين - الحياة والزمن).

ملخص لسيرة حياة المكتشفين:

[وليم هنري براك (1862-1942) William Henry Bragg] الأب

و [وليم لورنس براك (1890-1971 William Lawrance Bragg))] الابن

فيزيائيـان بريطانيان اشتهرا بأعمالهما الرائـدة واستخدامهما (لأشعة - إكس) لاكتشاف وتحديـد البنيـة البلورية للعديد من المواد مثل ملح الطعـام (NaCl) وسلفيد الزنك (ZnS) والماس، الأمر الذي أهلهما لنيل (جائزة نوبل) في الفيزياء عام (1915).

ولـد (هـنري بـراك - الأب) في قريـة وسـتوارد (Westward) في منطقـة (كامبرلانـد - Cumberland) مـن أرياف شمال بريطانيا منحدرا من عائلـة اشتهرت بأصولها الفلاحية، كمـا مارس بعض أجداده التجارة عبر البحار. دخل المدرسة مبكرا وامتاز فيها حتى تأهل في عام (1885) للدخـول الى كليـة (الملك وليم) حيث تقمصته حالة مـن الهلع والخوف الشديدين من (الكتاب المقدس) كنتيجة لما ترسب في ذهنه عن قراءاته لقصص العذاب الأبدي في الحياة الأخرى فيـه والتـي أذكت الروع الذي سبق وأن ترسب في نفسه نتيجة لمـا روي له من الأحداث المرعبة وقصـص العذاب التي تنتظر بني البشر في حياتهم الأخرى فـي صباه! لقد أفصح (براك - الأب) بصراحة عن تلك الوساوس التي لازمته وخالجت نفسه في مذكراته الشخصية، وفي محاضرة له في جامعة كمبردج ألقاها في عام (1941) والتي كانت بعنوان (العلم والايمان) قال فيها:

((لقـد أرعبني الكتاب المقدس لسـنوات، ابتعـدت خلالها عنه وامتنعـت عن قراءته ولم أشـأ حتـى رؤيتـه، وقد لا يكون هـذا غريبا فهنـاك الكثيرين (على مـا أعتقد) ممن يشاطرونني هذا الرأي. لقد ملأني التفسير الحرفي لقصص التوراة رعبا وداخلني بسببه الخوف الشديد الذي انعكس على شخصيتي وتصرفاتي فلازمني البؤس والوجل لعدد

لا يستهان به من سني حياتي)).

لم يفقــد (هنري – الأب) إيمانه كاملا إلا أنه اتخذ موقف الرافض المنكر تماما لفكرة وجود (الجحيم الحقيقي). مــرت السنون ونضج العالم المتفتح ذهنيا وتوصل إلى (السلام مع نفسه) واستطــاع تهدئــة ذاته وروعها حتى توصــل إلى بوادر الايمان حين (مســك عصا التدين من وسطهــا) كما جاء في كتاب (عالم الأصوات) والذي نُقــل فيه عنه قوله: (أجزم الآن أن غاية الدين هي أن يدرك الإنسان الغاية من وجوده في هذا الكون، أما غاية العلم فهي بمنحه القوة اللازمة لتحقيق تلك الغاية).

لقد أحب (براك – الأب) الرياضيات كما لم يحب شيئا في حياته من قبل، فلقد نذر نفسه وركز طاقاته لدراستها خلال تواجده في (جامعة كمبردج) حتى كانت شغله الشاغل وهمه الوحيــد فلم يعر أدنى اهتمام لأي موضــوع سواها، لقد انكب – ولسنوات ثلاث متتالية – علــى دراستها طــوال الصباح ومن الساعة الخامسة حتى السابعــة عصرا وطوال وقت المساء حتــى وقت منامه المتأخر كل ليلة.. أمــا نتيجة ذلك فكانت باهرة حقاً، فلقد أبدع أيما إبداع في الإجابــة على كافة الأسئلة في جميع امتحاناته، حتى نقل كاتب سيرته الذاتية بول فورمن (Paul Forman) في كتابه المعنون (وليم لورنس براك) عنه قوله:

((لم أتوقع مطلقا أن تكون للرياضيات مثل تلك القدرة الخارقة على السمو بمحبيها إلى تلك الحدود. نعم لقد ســمت بي وسموت بها وازدادت معها ثقتي بنفسي إلى الدرجة التي ذقت معها السعادة بطريقة لم أذقها من قبل وأدركت فيها لذة الشعور بالذات بما لم يسبق أن خطر لي على بال)).

نعم لقد أحب (براك – الأب) الرياضيات وبرع فيها إلى الحد الذي أهله في عام (1855) لتبوء منصب الأستاذية في الرياضيات والفيزياء في جامعة اداليد (Adelaide) في أستراليا.

مــرت السنوات الأربعون الأول من حياة (بــراك – الأب) بدون أي نشاط منشور يذكر، فلقد فضل هو قضاء سنينه الأكاديمية بين أروقة الجامعة وداخل قاعات التدريس محاضرا بارعا جاذبــا للعقول الفتية النهمة للعلم والمعرفة ومزاولا بارعا للعبة الكولف، فيما كان ابنه الأكبر

(وليم لورنس) مساعـده المجد في حمل مضارب اللعبة وكراتها. ومرت السنون على ذلك الحال حتى لمع نجمه وبرزت قابلياته عندما جاوز الأربعين.. وهنا يشير الكاتب (فورمن) إلى نبـوغ الأب المتأخر في مزاولته للبحث العلمـي وإبداعه في ممارسته والنشر فيه، فلقد جاء في مدخله من كتاب (معجم سير العلماء الذاتية) ما يلي:

((... مـن العادة بل من المتعارف عليه أن للنبوغ العلمـي والألمعية الفكرية جذوة لابد وأن تضرب بجذورها عميقا في شخصـية العبقري فتسمه بسماتها منذ نعومة أظفاره، إلا أن كل ما كان في حياة (براك) الطفل والشاب واليافع وحتى البالغ وإلى حد مجاوزته لسـن الأربعين بقليـل، لم يكن لينم عن أي بـادرة من البوادر المؤشـرة أو الملفتة لجذوة تلك العبقرية المفرطة. ولا يمكن اعتبار ذلك النموذج في الحياة إلا نمطا اسـتثنائيا غريبا لشـخص تفتقت عبقريته بمفاجأة كاملة حيث عاش مغمورا حتى نجح بعد الأربعين في انتخابات حصوله على عضوية المجمع العلمي بلندن في عام (1907)، وجائزة أفضل محاضـرة في عام (1915)، وجائـزة نوبل في الفيزياء في ذات العـام، وميدالية لمفورد (Lumford)[1] الممنوحـة من قبل المجمع العلمي الملكي عام (1935) وعضـوية العديد والعديد من الأكاديميات العلمية الأجنبية. وللحق والتاريخ لابد أن نذكر هنا أنه يمكننا اعتبار عام (1903-1904) هو عام بزوغ فجر عبقرية (وليم هنري براك - الأب) بعد عمر ناهز الحادية والأربعين سنة بقليل)).

(ملاحظـة الكاتـب: وهنا لابـد لي من وقفة أطلـب فيهـا من القراء الأعـزاء تزويـدي بأسمـاء وسير حيـاة أي مـن مشاهيـر العلمـاء والذيـن تفتقت عبقريتهم فـي مثـل هـذا الوقـت المتأخـر من العمـر[2]، كمـا لابـد مـن الإشـارة إلـى أن (ي.م.س. اندريد

(1) The Rumford Medal - وقد استحدثها العالم البريطاني [بنيامين تومبسون - Benjamin Thompson] والمعروف أيضاً (بالكونـت لمفورد - Count Lumford) في عـام (1796) بتبرعه بمقدارها. وتمنحها (الجمعيـة الملكية) لأجل اكتشاف حديث في أي من مجالات الحرارة أو البصريات للمادة. وتتضمن ميدالية مع مبلغ (1000) ألف باوند إنكليزي. (المترجم)

(2) لعـل في تاريخنـا العربي والإسلامي الكثير ممـا يقال في هذا الشأن وما النابغة الذبياني - فحـل شعراء العرب - والذي نبغ في الشعر بعد الأربعين إلا مثالا واحدا نصيفه لما سبق. (المترجم).

‏E.M.C.Andrade-) و (ك. لونسدل K.Lonsdele) كانا قد أشارا إلى عين هذه الملاحظة في نعيهما المنشور لبراك في عام 1943).

امتازت حياته بالاستقرار المادي والوظيفي، فلقد تمكن من تسنم ذروة سلم التدرج العلمي الأكاديمي وبلوغ أعلى مراتبه كأستاذ جامعي مرموق واكتفى بذلك وملأ الرضا نفسه فلم تبدر منه أي رغبة بالاهتمام فضلا عن إجراء أي بحوث علمية أو تجارب مختبرية، ولكنه انبرى وبدون سابق إنذار لبحث علاقة (أشعة – إكس) وأهميتها في دراسة واكتشاف الأنظمة الذرية البلورية ورسم مخططاتها، ويكون بذلك قد عكف على دراسة تفاصيل موضوع واحد وركز كل وقته ومجهوده في نقطة فريدة حتى تمكن وخلال سنوات معدودة من صياغة اسمه وبأحرف من ذهب على صفحات كل كتاب عني بالدراسة الجدية لمواضيع الفيزياء والكيمياء بكافة اختصاصاتهما.

لقد تمكن عالمنا الفذ من إكمال كافة الدراسات الجوهرية وإنجاز كامل الأعمال العظيمة التي توضح طبيعة (أشعة – إكس) وتصرفاتها بحيث سيبقى اسمه مقرونا بها وإلى الأبد. ومما يستدعي الغرابة حقا إمكاننا تلخيص سيرة حياته باختصار شديد وكأنه شخصية أسطورية بدأ حياته كشاب خجول ويافع مغمور لم يشعر ولو ليوم واحد بانتمائه الحقيقي لمنطقة كامبردج ولا لجامعتها... حتى أصبح بعد كهولته واحدا من أعظم الشخصيات العلمية المحبوبة منزلةً ومن أكثرها شهرةً في عموم بريطانيا.

شرع (براك – الأب) بتصميم وتنفيذ تجاربه في ربيع عام (1904) وابتدأ بدراسة قابلية امتصاص جزيئات ألفا (وهي أيونات غاز الهيليوم ذوات الشحنة المزدوجة الموجبة) للأشعة السينية (X – Ray) واستمر في أبحاثه خلال السنتين المواليتين فغزر علمه وفاضت نتائجه حتى صار ينشر بحثا فريدا أو مقالة جديدة كل بضعة أشهر. واستمر على ذلك المنوال حتى لمع نجمه واشتهر كباحث متميز مرموق في المجتمعات الفيزيائية والعلمية وذاع صيته في عالم ذاك الزمان.

شهدت بدايات القرن العشرين وبالخصوص العقدين الأولين منه نشاطا علميا واسعا واستثنائيا لاكتشاف وتوصيف ودراسة الموجات الكهرومغناطيسية واعتقد العلماء بأن (أشعة – إكس على

وجـه الخصوص) لابد وأن تكون شكلا من أشكالها وبطول موجـي قصير جدا يبلغ بضعة أجزاء من الإنكستروم[1] مما يجعلها أقصر بالطول الموجي من الضوء المرئي بحوالي ألف مرة[2] ولكن هذه النظريـات والأفكار كانت لا تزال بانتظار من يثبتها تجريبيا ويوثقها علميا.. وهذا هو ما تم بالفعل عـام (1912) حين استطاع (وليم لورنس بـراك – الابن) أن يضع اللبنة النهائية ومسك الختام في تفسير تصرفات تلك الموجات ولمختلف أوجه انتقالها وتصرفاتها، وذلك باقتراح التفسير الرياضي الأمثل للملاحظات والتجارب التي نشرها العديد من علماء الفيزياء وعلى رأسهم الفيزيائي الألماني [ماكس فون لو (Max Von Law (1879–1960] وهو باعتبار (أشعة – إكس) شكلا من أشكـال الأشعـة الكهرومغناطيسية والتي تتألـف من موجات بمستويـين أحدهما كهربائي والآخـر مغناطيسي متعامدين على خط مسار الموجة.. وإن لهذه الموجة قابلية اختراق والانعكاس من على مختلف أسطح المستويات الذرية للكيانات البلورية للمواد المستعملة في دراستها، حتى توج أعماله باشتقاق قانونه الشهير والمعروف باسمه (كقانون براك) كما ذكر آنفاً، وهو:

$$\boxed{n\lambda = 2d\sin(\theta),}$$

قـرأ (وليم لورنس – الابـن) أعماله الرياضية واشتقاقه للقانون المعـروف باسمه في ورقة أمـام اجتماع موسع (لجمعية كامبردج الفلسفية) صباح يـوم الحادي عشر من شهر (تشرين ثـان) نوفمـبر من عـام (1912)، وتم نشـر بحثـه الموسوم (خصائص استطـارة الموجات الكهرومغناطيسيـة القصيرة بواسطة النماذج البلورية للمـواد المختلفة) في عام (1913) في دوريـة (مقدمات جمعية كامـبردج الفلسفية). وإليك ما نقله عـالم الأحياء الجزيئية [ماكس بروت (Max Perutz (1914–2002] حول أهمية اكتشاف وسعة وآفاق تطبيق معادلة (وليم لورنس). في مقالته الموسومة (السير لورنس براك):

(1) الانكستروم: وحدة قياس تبلغ (10) إلى القوة (–8) من المتر أو (10) عشرة نانومترات.(المترجم)

(2) تتحسس العين البشرية للموجات الكهرومغناطيسية (كضوء مرئي) بطول موجي يتراوح بين (380–750 نانومتر) أي بذبذبة تتراوح بين (790–400 تترا هرتز) وأفضل تحسس لها يقع بحدود 555 نانومتر وبذبذبة (540) تترا هرتز (وهو نطاق اللون الأخضر). أما الأشعة السينية فيبلغ طولها الموجي مدى يتراوح بين (10 - 0،01) نانومتر. (المترجم).

((ما التفسير الحقيقي لمعجزة تمكن شاب لا يتجاوز الثانية والعشرين من عمره من وضع التصور العلمي الرياضي والتفسير المنطقي المقبول لتصرف نماذج الاستطارة والتي سبق التنبؤ بها من قبل أحد أفذاذ علماء الفيزياء النظرية وهو (ماكس فون لو- Max von Laue) والذي كان أول من اكتشفها منذ إحدى عشرة سنة خلت؟ لقد كان جواب براك نفسه مليئا بالتواضع والحكمة فلم يزد في تفسيره لإنجازه على أن ذلك لم يكن سوى (تضافر موفق لمجموعة من الفرص المواتية)، ولكنك سرعان ما ستقتنع وبمجرد الفراغ من قراءة بحثه بأن الموضوع لابد أن يتجاوز الحظوظ السعيدة والفرص المواتية بل ولابد أن يعزى برمته إلى عبقرية (براك - الإبن) وتفكيره الثاقب الذي استطاع وببراعة مدهشة اختراق التعقيدات الظاهرية التي عادة ما تغلف الظواهر الفيزيائية والنفوذ إلى غور لبها الصافي الذي لابد أن يُبهر ببساطته كل من يوفق بالولوج إليه)).

لقد سبق (لفون لو) في عام (1912) أن تنبأ بضرورة تصرف المستويات البلورية كأشكال بأبعاد ثلاثية تعمل (كمحزز حيود) لاستطارة موجات (أشعة - إكس) المارة خلال المواد التي تحتويها، الأمر الذي سيولد نماذج استطارة مشابهة لما يمكن الحصول عليه من إمرار الضوء المرئي خلال (محزز حيود) بصري. وكان لعبقرية (فون لو) هذا الفضل العظيم بتوفير الأدلة القاطعة حول الطبيعة الكهرومغناطيسية الموجية لأشعة - إكس[1] ومديات أطوالها الموجية، كما كان له سبق توفير الأدلة القاطعة حول الصفات الهندسية الفراغية للبلورات والتي كان لابد بموجبها أن تُرص ذراتها في كيانات متكررة متماثلة ثلاثية الأبعاد.

ولكن من الجدير بالذكر - في المقابل - أن (براك - الإبن) كان أول من استطاع أن يتقدم باشتقاق رياضي سليم للقانون الذي يحكم تصرف تلك الموجات بتلك الصورة وبهذه الدقة، الأمر الذي أهله - إضافة إلى بقية أعماله في هذا الحقل - ليكون أصغر من تسنم منصة استلام (جائزة نوبل) على الإطلاق في العالم وذلك في عام (1914).

(1) والتي كانت قد اكتسبت اسمها اصلا من الغموض الذي كان يلف طبيعتها قبل ذلك. المترجم.

راقب (وليم هنري – الأب) أعمال ولده باهتمام بالغ (لم يخل من الضغينة والحسد والغيرة والكمد!) ولكنه مع ذلك اجتهد حتى استطاع أن يقلب معادلته بحيث يمكن الحصول منها على الأبعاد الحقيقية التي تفصل المستويات البلورية الواحد منها عن الآخر وذلك باستعمال وتسليط إشعاعات كهرومغناطيسية بأطوال موجية معلومة (d) على بلورات بعينها، كما طور أعماله حتى استطاع اختراع مطياف خاص (بأشعة–إكس) تمكن بواسطته من تحديد الأشكال البلورية والمواضع الدقيقة للذرات المكونة لمستويات العديد من المواد البلورية المعروفة آنذاك. إن ملخص ما توصل إليه الاثنان كان حقيقة وجوب وجود العديد من الانعكاسات الثانوية الإضافية المتأتية من ارتداد الأشعة الكهرومغناطيسية النافذة عن العديد من الأسطح والمستويات الذرية في أعماق البلورة خلافا لما كان يعتقد سابقا بأن انعكاس طاقة (أشعة – إكس) عن أي بلورة كان لا يتعدى حقيقة انعكاسه أو انعكاس جزء صغير منه من على سطح الطبقة البلورية الأولى منه فقط. أما طبيعة تصرف تلك الموجات المنعكسة عن المستويات الثانوية والثالثية وكونها تخضع لتداخل بناء أو هدام (الأمر الذي يزيد من شدة لمعانها أو يحد منه) فيعتمد كلية على المسار الفاصل بين الأسطح الذرية المكونة لمستويات نظامها البلوري ومقدار الطول الموجي للأشعة الساقطة عليها.

كتب (وليم لورنس – الابن) مقالا لتفسير مشاهدات (فون لو) نشر بتاريخ كانون ثاني (ديسمبر) من عام (1912) في مجلة (Nature) الشهيرة جاء فيه:

((بالإمكان تفسير ظهور البقع البراقة في مشاهدات (فون لو) والتي بينها في رسوماته للبلورات التي درسها بأنها عبارة عن أماكن الانعكاسات الجزيئية لأشعة الضوء الساقطة على المستويات المتوازية للكيان البلوري والتي تشكل مواقع تموضع مراكز الذرات المكونة لها، والتي لها الفضل في فصل الموجات الكهرومغناطيسية (الضوئية أو أشعة – إكس) المنعكسة عنها إلى مكونيها وهما مستوى الأمواج الكهربائية المتعامد على مستوى الأمواج المغناطيسية والمتعامدان بدورهما على خط انتشارهما معا. وما هذا إلا أسلوب آخر لتفسير تصرف الاستطارة التي تمتاز به تلك البلورات، وما على

الباحث الجاد سوى تسليط أشعة- إكس المتولدة من أحد مصابيحها ولدقائق معدودة على أي من البلورات المعروفة ليدرك معنى ما ذهبت إليه)).

اجتهد (وليم هنري - الأب) خلال الحرب العالمية الأولى وعمل جاهدا لاختراع جهاز الرادار المائي لقياس هدير وتحديد صدى محركات الغواصات الألمانية والذي مكن الحلفاء من وضع الاستراتيجية اللازمة لمقاومتها لأنها كانت قد استطاعت فعلا إنهاك الأسطول البريطاني بمهاجمته واصطياد وتدمير قطعه من الأعماق، واستمر اهتمامه بذلك إلى ما بعدها. عمل أيضا على تاسيس المدرسة العليا لأبحاث ودراسات التصوير البلوري في جامعة (كلية لندن) كما دأب على استنباط السبق والأساليب المبتكرة لغرض إيصال العلوم وتبسيط إنجازاتها وتوضيح أهميتها للعموم، ومما تفتق عنه ذهنه وأكسبه شهرة ذائعة هي مواصلته على إلقاء محاضرته السنوية للأطفال خلال إجازة أعياد الميلاد.

ولد (وليم لورنس - الابن) في مدينة (ادليدا - Adelaide) جنوب أستراليا ونشأ كطفل امتاز بمنتهى الهدوء وشابه أباه في ولعه الشديد بالرياضيات ولكنه امتاز عنه بممارسة الهوايات الانفرادية كهواية جمع القواقع، وبما امتاز به من ذهن متفتح ونباهة شديدة ودقة ملاحظة فلقد استطاع أن يكتشف نوعا جديدا من [Cuttlefish (a squidlike creature] والذي أطلق عليه اسم (Sepia Braggi) تقديرا له، ورغم هدوئه الظاهر إلا أنه أبدى بعض الشطحات في طفولته منها حادثة سقوطه عن دراجته ذات العجلات الثلاث، ولما يتجاوز الخامسة من عمره حين كسرت ذراعه، ولقد شكلت هذه الحادثة مناسبة طيبة لوالده مكنته من أن يجرب عليه مفعول الأشعة الجديدة المجهولة والغريبة والتي سبق اكتشافها من قبل العالم رونتجن (Roentgen) منذ وقت قصير، فصور ذراعه المكسورة بواسطتها وبذلك دخل ذراع (وليم لورنس - الابن) التاريخ كأول استعمال سريري لتشخيص حالة طبية في أستراليا.

لقد أظهر الابن عند دخوله المدرسة ميلا فطريا لدراسة الرياضيات والنبوغ فيها - كأبيه! مرت السنون وتعاقب الليل والنهار حتى جاء عام (1909) حين رحل (براك - الابن) إلى بريطانيا لإكمال تعليمه في (كلية ترنيتي - Trinity College) في (كمبردج -

Cambridge) حيث حصل على منحة دراسية كبيرة لدراسة الرياضيات بعد أدائه امتحان المفاضلة واجتيازه على أتم وجه رغم إصابته بذات الرئة واضطراره على الإجابة عن أسئلة الامتحان وهو طريح الفراش. آنس والده فيه الألمعية وانفتاح الذهن ورجاحة التفكير فناقش معه خلال عطلة صيف عام (1912) أفكاره وآراءه حول طبيعة الأشعة السينية (أشعة – إكس) وصفات استطارتها واستطاع أن يصمم معه بضع تجارب مهمة ساعدت في تعميق فهم الابن لآراء وأفكار أبيه حول هذه الظاهرة الأمر الذي مكنه فيما بعد من وضع ونشر معادلته الشهيرة (معادلة براك) والتي تفسر التصرف الزاوي لارتداد موجات (أشعة – إكس) بعد سقوطها على أسطح البلورات. وكما سبق توضيحه فإن كافة التجارب والتصاميم المختبرية والتي استعملت فيها تلك المعادلة كانت تخص الأشعة السينية وتصرفاتها، إلا أن الواقع التجريبي أثبت صحة استخدامها لتفسير تصرفات كافة الموجات الكهرومغناطيسية الأخرى في تعاملها مع البلورات المختلفة. صمم الوالد (المطياف) الخاص بالأشعة السينية الأمر الذي مكنهما من تحديد وقياس أطوالها وسهل لهما مهمة الاعتكاف على دراستها بدقة معاً.

ومن محاسن الأقدار أن تربط الاهتمامات العلمية بين الوالد وابنه خصوصا وقد أثبت الواقع تشابه الميول وتقارب الأمزجة حول مجمل الأفكار التي دارت حول مشروع دراستهما للأشعة السينية واستخداماتها لاكتشاف الأنظمة البلورية للمواد، فقد عكف الاثنان على قضاء إجازتهما معا واستنباط كل ما من شأنه تطوير بحوثهما نحو تصور أفضل للبنية البلورية للعديد من المواد ومن بينها الماس. ولابد من الإشارة هنا إلى أن تقارب مشارب الرجلين وأفكارهما وحتى تجاربهما كان قد قاد البعض إلى الاعتقاد بأن (وليم هنري – الأب) كان هو الذي أوقد جذوة الاهتمام بالبحوث التي أدت إلى وضع (معادلة براك – عنوان هذا الفصل من الكتاب) الأمر الذي سبب الكثير من الحرج والإنزعاج لـ (وليم لورنس – الابن)، تجسدت بشيء من الضغينة وسوء الفهم بين الرجلين الأمر الذي سرعان ما ترك موقعه الأليم في قلب الابن على أبيه، وفي قلب الأب على ابنه على الأخص حيث لاحظ الأب شعور الفرح الغامر والاعتزاز الكامل اللذان غمرا ابنه بعد أن أصبح أول شخص يتم ترشيحه وينال بالفعل (جائزة نوبل) في الفيزياء

ولما يتجاوز الخامسة والعشرين من عمره. ولكن التاريخ كان قد ذكرلنا أيضاً وعلى عكس الرأي السابق الكثير من المشاهدات والأحداث التي كانت تدل وبوضوح على الانسجام التام والاهتمام المشترك بين الرجلين والذي كان في الواقع مصدر سعادة لكليهما معا...

عكف الاثنان خلال السنتين المواليتين، وظافرا جهودهما في مجال تطبيقات الاشعة السينية في حقل بحوث التراكيب البلورية للمواد حتى توجت بنشرهما مشتركين في عام (1915) لكتابهما الشهير (الأشعة السينية والكيان البلوري للمواد).

تزوج الابن عام (1921) من كريمة أحد الأطباء وعاشا بسعادة حتى أنجبا أربعة أطفال، أما الأب فقد حصل خلال الحرب العالمية الأولى على عقد عمل للتعاون مع الجيش البريطاني لأجل تطوير طرق الاستفادة من رصد أصوات مدفعية الأعداء في تعيين بعدها الفاصل في الميدان عن قواتهم الصديقة، وأهم ما شغله (وليم هنري - الأب) من مناصب بعد ذلك كان إدارته للمختبر البريطاني الوطني لبحوث الفيزياء. وفي عام (1914)، ولما وضعت الحرب أوزارها اتفق العالمان على وضع نهاية لجهودهما المشتركة في مجال البحث العلمي، وتعاهدا على مواصلة تخصصهما كل على حدة وذلك بالتركيز والعمل والبحث منفردين كل في جانب مختلف من جوانب دراسة التركيب البلوري للمواد، فعكف (وليم لورنس - الابن) على دراسة المركبات غير العضوية والفلزات وبلورات السلكات على أن ينفرد (وليم هنري - الأب) بدراسة التراكيب البلورية للمواد العضوية. صمد الاتفاق ومرت الأيام حتى انحاز اهتمام الابن بسرعة إلى دراسة المواد العضوية (حقل اهتمام أبيه) بعد أن انتقل هذا الأخير إلى جوار ربه. ولعل مصدر شغف الابن بحقل اختصاص أبيه يعود أصلا إلى التحديات والإثارة التي كانت تشكلها استخدامات الأشعة السينية لوضع التصور البلوري للمواد الحيوية بجزيئاتها العملاقة. ومن دراساته في هذا المجال تمكنه من المشاركة في بحوث تحديد طور العلاقة بين انعكاسات الأشعة السينية من جزيئات مادة (الهيموغلوبين) الناقلة للأوكسجين في جسم الإنسان بعد بلورتها. وأثبت منحاه صحته حينما استطاع (فيما بعد) مجموعة من علماء معهد بريطانيا العظمى الملكي (ومقره لندن) من لعب الأدوار الرئيسية في

وضـع شكلي الكيان البلوري لمركبي (الهيموغلوبين والمايو غلوبين) واللذين كانا أول مادتين زلاليتين يتم تحديد شكليهما البلوري باستخدام تقنية تصوير البلورات بواسطة الأشعة السينية.

لعـب (وليـم لورنس – الابن) دورا فريـدا مهماً في مسيرة الإعلان عـن اكتشاف التركيب الجزيئـي للمـادة الوراثيـة المعروفـة باسـم (الحمض النووي الثنائـي DNA) وذلـك مـن خـلال الدعـم اللامحدود والإرشـاد المخلـص الـذي وفره شخصيا لكل من [فرانسس كرك Francis Crick (1916–2004)] و[جيمس د. واتسـون ولد عام 1928 James D. Watson] واللذين عملا تحت إشرافه في مختبرات (كافندش). وأدرك كذلك أهمية ومسؤولية نشـر العلم ولاسيما مبادئه الأساسية لـدى طلاب المدارس، فأصر على ضرورة حصولهم، وفي مختلـف مراحلهم الدراسية علـى التعليم العلمي العام بمفهومه الواسع وعـدم اختصار أساليب التدريس على مواضع الاختصاص الضيقة والتي سوف لن تمكنهم من التمتع باكتشاف مكامن الروعـة والإعجاز فيما يحيط بهم مـن موجودات. وبناء على ذلك وفي عام (1954) وعندما استلـم مهامه كمدير للمعهـد الملكي للعلوم (وهو المنصب الذي خلف فيـه والده) كان سباقا في تقـديم اقتراحاته والعمل بجد على نشر العلوم المبسطة والجذابة بأسلوب شيق على مستوى العامـة فشمل المجتمع بكافة طبقاته. كما عمل على استحداث سلسلة من المحاضرات العلمية المشوقـة لطلاب المدارس، ولقد أثبت الواقع نجاح فكرته المنقطع النظير والذي انعكس بشكل إقبال الآلاف من أطفال المدارس وبسعادة غامرة على حضور تلك المحاضرات على مر السنين.

عشـق (وليم لورنس – الابن) هواية البستنـة وشغف بها طوال حياته ولكنه افتقد – حين قرر الانتقال لرئاسة المعهد الملكي في لندن – الحصول على حديقة خاصة مناسبة يمارس فيها هوايتـه إلى الدرجـة التي قرر معها العمل ولبضع ساعات يوميـا كبستاني أجير في حدائق من يرغب في ذلك. ولا نتصور مقدار دهشة أحد مالكي القصور حينما علم بشهره (البستاني) الـذي يعمل عنده ومركزه العلمي المرموق حينما صـرخ أحد ضيوفه بذهول تام حيثما رأى وليم لورنس (العالم الجليل) عاكفا على تهذيب حديقة قصر مضيفه.

كتب بروت (Perutz) في وصف شخصية (وليم لورنس – الابن) ما يلي:

((كثيراً ما يصعب التعايش والتعامل مع عباقرة العلوم والفنون بالنظر للخصوصية التي غالبا ما تطبع شخصياتهم... ولكن الحياة السعيدة الهانئة والروح المتوازنة المرحة التي رافقت عبقرية (وليم لورنس) الخلاقة، جعلته شخصية فذة من طراز فريد، فإذا ما صادف مرورك أمام بيته فإنك غالبا ما ستلاحظه مهتما بحديقته وأزهارها وبجواره زوجته وأولاده، وأحفاده، يلعبون حوله، أما إذا ما صادف أن جمعتك به فرصة لإنجاز عمل أو لمناقشة بحث فإنك ولاشك سوف تعجب بأسلوبه الرشيق في عرض آخر ما أنتجته حديقته من أزهار عليك وإهدائك أجمل نماذجه قبل الشروع في مناقشة ما جئت لأجله!، ولقد اشتهر بين أقرانه وبين كافة أفراد الجيل الذي عايشه بقابليته الفذة على استخلاص المتعة والبهجة مما يعرضه عليك من علوم.

ولعل في تضافر طاقاته الهائلة واستيعابه الغريب لمختلف العلوم وموهبته الفذة في تبسيطها، إضافة إلى اهتمامه الشديد وولعه بإيصالها إلى مستمعيه برشاقة ووضوح وما تمتع به من لطف المحيا وحسن الطلعة وجمال الخلق وسحر الجاذبية مقرونة باستخدامه الرشيق لتوضيحاته التصويرية وإيماءاته اليدوية، الأثر البالغ في اعتباره أحد أفضل محاضري مواد العلوم الذي شهدهم التاريخ آنئذ وإلى يومنا هذا)).

تضمن نعي كل من اندراد (Andrade) ولونسديل (Lonsdale) (لوليم هنري – الأب) الإشارات الواضحة لأهمية عمل الرجلين وتأثيرهما على مسار العلم فبعد مقدمة مؤثرة استطردا قائلين: لقد وضعت أبحاث وأعمال (وليم هنري براك – الأب) ما بين عامي (1913–1914) اللبنة الأساسية لإيجاد أحد أهم فروع العلوم الفيزيائية التجريبية تأثيرا عليها، ألا وهو علم التحليل ووضع التصورات العالمية لبناء الكيانات البلورية للمواد باستخدام الأشعة السينية. فإذا ما سلمنا بإيجاز فضل اكتشاف مبادئ وأسس فهم التصرف الموجي للأشعة السينية وإماطة اللثام عن خصائصها إلى (فون لو – Von Laue) ومساعدوه، فلابد لنا من التسليم بأن الفضل يعود كاملا (لهنري – الأب وللورنس – الابن) في استخداماتها ووضع الأسس العلمية لتطبيقاتها لإنشاء العلم الخاص بسبر أغوار تراكيب المواد البلورية ووضع مخططاتها.

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Andrade, E. N. C., and K. Lonsdale, "William Henry Bragg, 1862–1942," *Obituary Notices of Fellows of the Royal Society*, 4(12): 276–300, November 1943; Reprinted in P. P. Ewald, *Fifty Years of X-Ray Diffraction* (New York, Springer, 1962); see www.iucr.org/iucr-top/publ/50YearsOfXrayDiffraction/.

Bragg, William Henry, "X-rays and Crystals," *Nature* 90: 219 and 360–361, 1912.

Bragg, William Lawrence, "The Specular Reflection of X-rays," *Nature*, 90: 410, 1912.

Clark, Ronald, *Einstein: The Life and Times* (New York: HarperCollins, 1984).

Bragg, William Henry, *The World of Sound, Six Lectures Delivered before a Juvenile Auditory at the Royal Institution, Christmas, 1919* (London: Bell, 1921).

Forman, Paul, "William Lawrence Bragg," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Hunter, G. K., *Light Is a Messenger –the Life and Science of William Lawrence Bragg* (New York: Oxford University Press, 2004).

North, Anthony C. T., "Book Review: *Light Is a Messenger*," *Acta Crystallographica Section A: Foundations of Crystallography*, 61: 262–264, March 2005; see journals.iucr.org/a/issues/2005/02/00/pf0015/pf0015bdy.html

Perutz, M. F., "Sir Lawrence Bragg," in *A Hundred Years and More of Cambridge Physics* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Physics Society, 1974; reprinted 1995); see www.phy.cam.ac.uk/cavendish/history/years/bragg.

"Sir William Henry Bragg": see www.nobel-winners.com/Physics/william_henry_bragg.html.

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

– لا يعيش الرياضي (من الناحية الإبداعية) طويلا. فمن لم يبدع قبل بلوغه الخامسة والعشرين أو الثلاثين (على أبعد تقدير) منهم، فلن يبدع بعد ذلك أبدا. ومن لم ينجح بوضع بصمته عند ذلك العمر فمن النادر أن يضعها فيما بعد.

ادلر

Alfred Adler، (Mathematics and Creativity)، New Yorker Magazine، 1972.

مقتطف من مقالته (الرياضيات والإبداع) في مجلة (النيويوركر).

– لم نكن لنستطيع التعرف على منطق قوانين الفيزياء واكتشافاتها لولا دقة التنظيم الذي جبلت عليه الأحداث والمشاهدات التي تصفها. ولولا دقة تنظيم تلك القوانين ذاتها لما تمكنا أصلا من اكتشافها.

بومان

Gerd Baumann، Symmetry Analysis of Differential Equations with Mathematics، 2000

مقتطف من كتابه (التحليل التماثلي لمعادلات التفاضل مع الرياضيات).

– هل من المستبعد ألا تكون كافة قوانين الفيزياء التي وضعناها أو التي سنكتشفها لاحقا إلا نسجا محضا من صنع الخيال؟ وأن كل ما نتخيله من نظام فيها ما هو إلا شكل من أشكال الفوضى العامة والاستقلالية المطلقة التي تقود إلى الرتابة في التوقعات؟

بارو

John D. Barrow. The Universe That Discevered Itself

مقتطف من كتابه (الكون الذي اكتشف ذاته).

– لا يمكننا اعتبار قوانين الطبيعة سوى مقاربات وعموميات نصف عن طريقها تصرفاتها. لقد وُجدت (القوانين) أصلا بوجود الظواهر والأحداث ولم يتم (وضعها) من قبل مكتشفيها. فلا يعتبر (القانون) اختراعا وإنما يعتبر اكتشافا لسبب بسيط هو (خلو) قوانين الفيزياء من (إمكانية) تشغيل الكون وإدارته فيدار، وافتقادها (لسلطة) إملائها عليه تصرفاته فيطيع. يقتصر عمل القوانين على (وصف) المشاهدات والأحداث بمعنى أنها لا تفسر حقيقة وإنما تصف واقع ما يحدث، (فيصف) واضعو القوانين الفيزيائية – ونيوتن منهم على سبيل المثال – (قانون الجاذبية) ولا يضعون بالحقيقة (نظرية في الجاذبية). تمتاز النظرية بأنها (اختراع) وليست اكتشاف كما يمتاز القانون بأنه (اكتشاف) وليس اختراع. أما الحقيقة التي ستظل خالدة فهي أنك بوضعك لقانون ما فإنك إنما تضع صيغة معينة لا تمثل إلا تطبيقا محدودا له ومقاربة نسبية يمكن استيعابها ضمن صيغة (أعم) وقانون (أصح) قد يُكتشف فيما بعد وهذا لا يعني أبدا أن الصيغة التقريبية الأولى كانت خاطئة. فلا يمكن اعتبار القيمة المكتوبة لباي (π) 3.14 قيمة خاطئة، ولكننا بالتأكيد يمكننا اعتبارها قيمة أقل دقة (من الناحية الرياضية) لقيمة أخرى له ولتكن على سبيل المثال تساوي (3.14159).

برجمن

William T. Bridgmann، (The Cosmos in Your Pocket، How Cosmological Science Became Earth Technology).

مقتطف من كتابه (الكون في حوزتك).

مبدأ الشك لهيزنبرك

HEISENBERG'S UNCERTAINTY PRINCIPLE

ألمانيا (1927)

: لا يمكن معرفة موقع جسيم ما وتحديد إزاحته بنفس الدقة المطلوبة في عين الوقت، أي أن الإمعان في دقة قياس الموقع، لابد وأن يؤثر سلبا على دقة قياس العزم وبالعكس.

من أحداث عام (1927):

– تمكن المخترع الأمريكي فيلوفرانسورث (Philo Fransworth) من بث أول الصور التلفزيونية التجريبية عبر الأثير.

– تم تأسيس أول أكاديمية لعلوم وفنون الصور المتحركة.

– تأكدت تجريبيا فرضية العالم الفيزيائي الفرنسي لوي دو بروكلي (Louis de Broglie) القائلة بإمكانية اكتساب الجسيمات ما دون الذرية لصفات موجية.

نص القانون وشرحه:

ينص قانون الشك (لهيزنبرك) على استحالة الحصول على القياسات الدقيقة لبعض أزواج القيم الفيزيائية لجسيم واحد. ولعل التمثيل الرياضي الأفضل لهذا المبدأ هو العلاقة بين الموقع (x) والعزم (p) في الفراغ وكما يلي:

$$\Delta x \, \Delta p \geq \hbar/2$$

حيث $\Delta \mathcal{X}$ تمثل مقدار الشك في قياسات المكان.

و $\Delta \boldsymbol{p}$ تمثل مقدار الشك في قياسات العزم.

و $\hbar$ هو ثابت بلانك المعدل ويساوي ($h/2\pi$).

وبما أن المتغايرة أعلاه تمثل علاقة عكسية بين كل من ($\Delta \mathcal{X}$) و ($\Delta \boldsymbol{p}$) (وهما قيمتان حقيقيتان حاصل ضربهما ثابت) فمن الواضح أن نفهم بأنه كلما صغرت قيمة ($\Delta \mathcal{X}$) –

بمعنـى كلمـا أمعنا في دقة قياس موقع جسيم مـا – كلما زادت قيمـة (Δp) بمعنى زيادة قيمة الشك في قياس عزمه، تذكر أن المقصود بعزم جسيم ما هو حاصل ضرب كتلته في إزاحته).

آمـن أكثر العلماء (قبـل اكتشاف مبدأ الشك هذا) بإمكانية زيادة دقـة قياس أي وحدة فيزيائية بمجـرد زيادة كفاءة قياس (الواسطة) أو الآلة التـي يتم بها ذلك القياس وأن أي قصور في ذلك القياس، ما هو – بالحقيقـة– إلا قصور قابل للإصلاح والتحسين في دقة آلة قياسه. ولكن بوضع (هايزنـبرك) لمتغيرته السابقة أثبت بما لا يقبل الشك أنه حتى لو استطعنا صنع آلة القياس (الخيالية) اللامتناهية في قابلية قياسها للقيم الفيزيائية، فإننا سوف نصطدم بحقيقة استحالة قياس موقع وعزم جسيم ما في آن واحد وبالدقة النهائية المبتغاة. وذلك لأن موضوعته تدل بوضوح على أن حاصل ضـرب قيمتـي الشك للحدين (الموقـع والعزم) لابد لهـا أن تساوي أو أن تفـوق القيمة الحقيقية (10 المرفوعـة إلى الأس السالب 35 جـول. ثانية) [وهي قيمة نصف ثابـت بلانك المعدل $\hbar$].

ولكن مما يجدر الإشارة إليه هنا: هو أن تأثيرات مبدأ الشك هذا لا تظهر في قياسات الحياة اليومية الاعتيادية وعلى المستوى (الماكروي – الكبير) وإنما تظهر جلية كلما أمعنا في قياس مواقع وعزوم الجسيمات الدقيقة من الفئات الذرية وما دون الذرية، أي على المستوى (المايكروي – الدقيق).

لقـد اعتقد بعض الكتاب (خطأ) بـأن المقصود بمبدأ الشك هذا قد ينطبق عليـه (ذاته) بمعنى أن ابتغـاء الدقـة في قياس موقع جسيم ما قد يؤثر عليه (ويغير) مـن عزمه. ونؤكد هنا أنه لا صحة لمثل هذا الاعتقاد ولا صحة لتفسير (**مبدأ هايزنبرك**) بهذه الصورة، كما نؤكد مرة أخرى على أنه بإمكاننا الإمعان في دقة قياس موقع جسيم ما ولكن النتيجة المتوقعة ستكون فقداننا لدقة قياس عزمه.

ويمكن تأكيـد صحة تطبيق مبدأ الشك هذا على قياسات ثنائية [الطاقة (E) والزمن (t)]، والذي يعبر عنه رياضيا بما يلي

$$\boxed{\Delta E \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}}$$

ونعني بـ ΔE) هنا: مقدار الشك في علمنا بمقدار الطاقة التي يحملها جسيم ما.

وبـ Δt) : مقدار الشك في علمنا بفرق الزمن اللازم لذلك الجسيم للحصول على تلك الطاقة.

كما ويمكن أن نعني بـ Δt : مقدار الشك في فرق الزمن اللازم لأداء ذلك القياس.

وعلى الرغم من تمكن (هايزنبرك) من ابتكار مبدأ الشك في قياس ثنائيات (المواقع والعزوم) في عـام(1927)، إلا أنـه كان على العالـم أن ينتظـر حتـى عـام (1945) ليتمكن كل مـن العالمين الروسـيين [ليونيـد ماندلشتـم (1879–1944) Leonid Mandelshtam] و [ايكـور تام (1895–1971) Igor Tamm] من إثبـات حقيقة الشك في علاقة ثنائية (الطاقة بالزمن). أما من وجهة نظر العلماء المؤمنين بتفسير (كوبنهاكن) لنظرية ميكانيكا الكم فإن ما يعينه (مبدأ شك هايزنبرك) هنا هو أن كوننا هذا (بما فيه عالمنا الذي نعيش فيه) لا يتمثل بوجود حقيقي ثابت وإنما بوجود احتمالي متغير مفترض ضمن سلسلة طويلة (وقد تكون لا نهائية) مـن الاحتمالات المتغيرة المفترضة!. وعلى نفس المنوال لا يمكننا التنبؤ قط (ولا حتى بالصورة النظرية) باتجاه سير أحد الجسيمات ما دون الذرية (كالفوتون مثلا) مهما أوغلنا في دقة محاولة ذلك ولا حتى باستعمال آلات القياس الافتراضية اللامتناهية في دقتها.

للفضوليين فقط:

• لعلك تتذكر المسلسل التلفزيوني الشهير (ستارترك Star Track)[1] وقابلية أبطاله على الانتقال عبر الأزمنـة والأمكنة بواسطة (جهاز النقل) المزود (بمصحح هيزنبرك Heisenberg Compensator) والأخير عبارة عن جهاز ملحق بجهاز النقل ليصحح ما يمكن أن يؤول إليـه تحقيـق (مبدأ شك هايزنبرك) من اختلال في دقة قياس الطاقـة والزمان والعزوم والمكان، والذي بدونه ما كان ليمكن التفكير بجهاز النقل هذا حتى ولو من الناحية النظرية البحتة![2]

• وفي علوم الحاسبات يعرف (الهايزنبرك) بأنه عبارة عن زيغ برمجي يختفي حالا أو يغير قيمته

(1) STAR TREAK – مسلســل تلفزيوني من بطولة وليم شاتنر (كابتن كيرك) وليونارد نيموي (مستر سبوك) والذي أعجبت به كثيراً في صباي (المترجم).

(2) يعمل (الجهاز الناقل) على ظهر سفينة الفضاء (الانتربرايز) على بعثرة كافة الذرات والجسيمات ما دون الذرية للأشخاص المراد نقلهم عبر الزمان والمكان – بعد قياس مواقعها وعزومها – (بالدقة اللامتناهية المستحيلة واقعيا) والممكنة (خياليا) باستخدام ملحق (مصحح هايزنبرك) وإعادة تشكيلها بشرياً في المكان والزمان المراد لها بلوغه (المترجم).

بمجرد محاولة أي شخص تحديده شكله أو قيمته أو محاولة التعرف عليه أو فصله بصورة أدق.

• وأخيرا لعلك تتمتع- مثلي- بأشهر فكاهة تخص (مبدأ هايزنبرك) والمنشورة على الشبكة العنكبوتية والتي تصور شرطي المرور وهو يوقف (هايزنبرك) ليحرر له مخالفة تجاوز السرعة المقررة على الطريق السريع فيبادر الشرطي بسؤاله (هل تعلم مقدار السرعة الهائلة التي كنت تقود بها سيارتك؟ فيجيب هايزنبرك بدهشة: لا!

ولكنني أعلم بالضبط أين أقف الآن.

أقوال مأثورة:

- لا يختلف اثنان حول حقيقة التسليم باقتصار وجود المعنى الفيزيائي الحقيقي على القيم التي يمكننا قياسها فعلا. بمعنى أننا لو استطعنا اختراع ذلك (المجهر) الخارق والذي سيمكننا من مراقبة الإلكترون دائرا في مداره حول نواة الذرة لأدركنا بذلك (حقيقة) وجوده في مداره ذاك، ولآمنا بحقيقة ومعنى وجود تلك المدارات. ولكن بتمكننا رياضيا ومنطقيا من إثبات استحالة القيام بمثل تلك المراقبة حتى ولو بلغنا الإمكانية التقنية لاختراع وبناء مثل ذلك المجهر العظيم (وهذا هو جوهر ما ينص عليه مبدأ الشك لهايزنبرك!)، لذلك لابد لنا من الاعتراف بأن لا وجود لمثل تلك المدارات بالمفهوم الفيزيائي الدقيق.

هاليدي ورزنك

David Halliday and Robert Resnick (Physics).

مقتطف من كتابهما (الفيزياء).

- لعلي سأركز أبحاثي وجهودي وتفكيري من أجل إسقاط فكرة المسار المداري للإلكترون حول نواة الذرة وإبدالها بمفهوم أكثر دقة بالنظر لاستحالة إدراكنا لذلك المسار لا من الناحية العملية، ولا من الناحية الرياضية!.

هيزنبرك

Werner Heisenborg, 1925 letter to Wolfgang Pauli. -

من رسالة له إلى صديقه (ولف كانك بولي).

- لي الشرف أن أعترف بتعلمي التفاؤل من (سومرفيلد Sommerfeld) والرياضيات في معهد (كوتنكن Gottingen) والفيزياء الحقة من (بور Bohn).

هيزنبرك

Werner Heisenberg، quoted in Laurie M. Brown، (Abraham Pais، and A.B.Pippard، Twentieth Century Physics).

مقتطف من قوله المنقول في كتاب (فيزياء القرن العشرين) للوري براون.

- لا يمكنني اعتبار (مبدأ الشك) فكرة فلسفية محضة نسجها الخيال، بل على العكس من ذلك تماما فإن (لمبدأ هيزنبرك) منتهى الإمكانية للتنبؤ بصفات الإلكترون وتصرفاته. من المعلوم أن حركة الإلكترونات في انتقالها من مدار إلى آخر.. وبالتالي من مجال طاقة إلى آخر حول النواة لا تتسم في تصرفاتها بالانسيابية والتدرج وإنما دائما بالمفاجأة والآنية ولذلك فإنها لا يمكنها تحقيق ذاتها إلا إذا أهملت فكرة الدقة في مقدار الطاقة التي تمتلكها. إن في التأثير النفقي (Tunneling Effect) آنف الذكر يكمن السر في إمكانية حدوث التفاعلات النووية التي تزود الشمس بطاقتها، كما يكمن فيه أيضاً إمكانية حدوث العديد من التفاعلات الأخرى في الطبيعة أو في المختبر. لقد استطاع العلماء بالفعل فهم والاستفادة من مثل تلك الخواص الغريبة والصعبة الإدراك في عالمنا الاعتيادي واخضاعها للتطبيق العملي واستخدام الكثير منها في التطبيقات الإلكترونية الميكروية الدقيقة.

كاسدي

David Cassidy، (Werner Heisenborg and the Uncertainit Principle).

مقتطف من كتابه (وارنر هيزنبرك ومبدأ الشك).

- كلما أمعنت بالتفكير في الجانب الفيزيائي لنظرية شرودنكر (Schrodinger) محاولا فهما، كلما أدركت صعوبة إدراك ذلك على الفكر السليم، فكل ما كتبه حول إمكانية تصور نظريته كان غير صحيح وبعبارة أخرى فإني لا أستطيع أن أصف نظريته إلا بالسخافة.

هيزنبرك

Werner Heisenberg، 1929 letter to Wolfgaug Pauli

من رسالة له إلى صديقه (ولف كانك بولي).

- في ذات ليلة مقمرة حالمة أخذني زوجي للتمتع بنزهة جميلة على سفوح جبل هاينبرك (Hainberg) جوار مدينـة (كوتنكـن - Gottingen). لم أتفاجأ ومنذ البداية بتشرب كامل كيانـه وفكره بنظرته الوليدة ونظريته الجديدة للمادة والذرة، فلقد كانت ثقته بما توصـل إليه عظيمة وإيمانه بمسـتقبلها يشع كهالة براقة لا يمكن تجاهلها من حوله! قضينا الأمسية بسعادة بالغة، هو يضم يدي بيده وأنا أراه يحاول جهده لتفسيرها وتقريبها لذهني مبينا معجزة التناظر في بناء الكون وشـارحا لي دقته وتناغم مكوناته متمنيا من صـميم قلبـه أن يُمكنَني من رؤية جمال البساطة في معمار الوجود بعينيه التي يراه بها، محاولا جهده إشراكي في شرب كأس (الحقيقة) والانتشاء بها بنفس الروعة التي أدركها بفكرة واستوعبها بذهنه الثاقب. أحببته منذ تلك اللحظة كما لم أحبه من قبل وذابت مشاعري في همسات مشاعره. الحق والحق يقال.. لقد كانت ليلة من ليالي العمر! لقد كانت ليلة لا تنسى!.

السيدة هيزبنرك

Elisabeth Heisenberg، (Inner Exile)

من كتابها (الإفصاح عن المكنون).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

[ورنـر كارل هيزنـبرك (Werner Karl Heisenberg(1901-1976)] فيزيائي ألمـاني اشتهـر بإيجاده لأسـس ميكانيكا الكم ومبـدأ الشك المعـروف باسمه. ولد في مدينة ورزبـرك (Wurzburg) بألمانيـا لأب اعتنق المذهب اللوثري الانجليـكاني الكاثولوكي[1] واشتغل كمدرس للغات الكلاسيكية القديمة. أدار الأب عائلته بأسلوب تسلطي ديني صارم، إلا أنـه اعـترف سرا فيما بعـد وكذلك زوجته بعـدم تدينهما أو إيمانهما بـأي قوى (ما فوق الطبيعة) تدير الكون وبأنهما مارسا القيم والتعاليم المسيحية كأسلوب حياة ليس إلا.

برع (هيزنبرك) خلال سنين دراسته الابتدائية والإعدادية بالعديد من المواد والمواضيع وعلى رأسهـا الرياضيـات والفيزياء والديـن واستطاع أن يحصل دائما علـى المعدلات الممتازة في

(1) وهـو المذهب الكاثولوكي بتعاليمه المنتقاة حسب ما جاء به القيسي لوثر في القرن السادس عشر ويلخص بثلاث نقاط أساسية هي: -1 الله مصدر الرحمة 2 - المسيح هو المخلص -3 الكتاب المقدس هو دستور التعاليم. (المترجم).

جميع مراحله التعليمية. لقد وصفه أحد أساتذته بأنه (**التلميذ الذي يمتلك الذكاء المتوقد والذهن المتفتح مع ميول بينة نحو المواضيع العلمية والمنطقية،وبدرجة أكثر من ميوله نحو المواضيع اللاهوتية والدينية والماورائية**). مارس (هيزنبرك) الشطرنج وبرع فيه كما بحث عن، وقرأ العديد من كتب الرياضيات وحاول أن يثبت نظرية (فرمات – Fermat)[1] بعد انتهائه من دراسة أحد الكتب المتقدمة في نظرية الأرقام، كما استثمر قابلياته الذهنية في فهم الرياضيات والتمتع بها لتعليم نفسه موضوع حساب التفاضل والتكامل ذاتيا حيث برع وأبدع بهما بعد أن طلب منه والداه الإشراف على تدريسهما لإحدى طالبات الكلية في قسم الرياضيات ومساعدتها لاجتياز امتحانها النهائي فيهما. كان والده، وكما أسلفنا أستاذا قاسيا شديد المراس أبدى الكثير من القلق لملاحظته ولده وقد انجرف في دراسة الرياضيات وشغف بمواضيعها وخشي عليه من التكاسل وإهمال دراساته اللاتينية واللاهوتية المقررة عليه، فعمد إلى شراء العديد من كتب الرياضيات القديمة والمكتوبة باللغة اللاتينية وأهداها لولده عله ينحاز بقراءتها إلى اللغة (الأثيرة) فيضرب بذلك الأب عصفورين بحجر!

شرع (هيزنبرك) في عام (1920) مع زميله [ولفكانك باولي – Wolfgaug Pauli (1900–1958)] بدراسة الفيزياء النظرية تحت إشراف مدرسهما المشترك (ارنولد سومرفلد – Arnold Sommerfeld) في جامعة (ميونخ).

أما عن دراسته وحياته في تلك الحقبة فقد كتب (هيزنبرك) في كتابه الموسوم (الفيزياء وما بعدها – آراء وأحاديث) ما يلي:

---

(1) هو [بيير فرمات Pierre de Fermat (1601-1665)]، محام فرنسي في برلمان مدينة تولوز (Toulouse) وهاوٍ للرياضيات يعود له فضل ابتكار حساب التفاضل والتكامل، كما ينسب إليه ابتكاره لطريقة حساب النهاية الكبرى والصغرى لمعامل ص في (س، ص) للمنحنيات. وهو ما يعرف اليوم بحساب التفاضل، كما بحث في نظرية الأرقام وكانت له مشاركاته في (الهندسة التحليلية) و (الاحتمالات) و (علوم البصريات)، وخير ما عرف به هو (نظريته الأخيرة – – Fermat's Last Theorem) والتي تنص على أن في [$a^n+b^n=c^n$] لابد أن يكون ($n > 2$) اذا (a،b،c ≮ 0). وقد ذكرها على حاشية نسخته من كتاب (دايو فانتس ارثمتكا – Diophantus Arthmetica)، هذا وله العديد من النظريات الأخرى التي عرفت باسمه (كالنظرية الصغيرة) ونظريته (الحاصل جمع مربعين،) ونظريته في (النقاط الثابتة) والمبدأ المعروف باسمه ونظريته في (أعداد المضلعات). (المترجم).

((لعلي أدرك الآن – ولا أبالغ إن قلت – إن السنتين الأوليين اللتين كنت قد قضيتهما في (جامعة كمبردج) كانتا موزعتين بين عالمين مختلفين بل بين حياتين متناقضتين، حياة كنت أعيشها بكل تفاصيلها مع أصدقائي من التلاميذ الشباب في (حركة الشبيبة)، وحياة النسك العلمي المتفرد في مملكتي المجردة للفيزياء النظرية. لقد شدني كلا العالمين إليه واستمتعت أشد الاستمتاع بهما وبما ملأهما من فعاليات مكثفة وأنشطة جذابة (رغم تناقضها!) إلى الحد الذي أوصلني معه إلى حالة من النشاط والتهيج والانبهار المستمرين، كانت تزداد حدة «ودهشة» وإثارة كلما شعرت بشدة الضغط وبصعوبة الانتقال من أحد ذلك العالمين إلى الآخر!)).

لقد كانت لحادثة حصوله على إجازة الدكتوراة قصة غريبة حقا لا تقل في غرابتها عن سيرة حياة هذا الفيزيائي الفذ، فلقد أنجز (هيزنبرك) وبفضل عبقريته في الرياضيات أطروحته التي قبلت عام (1923) تحت عنوان (حول الاستقرار والدوران في جريان الموائع) بثلاث سنوات فقط بدل أربع ولم تتجاوز عدد صفحاتها الـ (59) ورقة، وكانت عبارة عن مجموعة معقدة من الحسابات الدقيقة تركزت حول تحليل التحديات التي جابهت العلماء في فهم الطبيعة الدقيقة لتحول الموائع في جريانها من حالتها المنتظمة والمسمات (بالجريان الطبقي المنتظم – Lammilar Flow) إلى حالة (الدوران وتكوين التيارات الدائرية والدوامات – Turbulent Flow). لقد كان حل مثل ذلك التحدي صعبا جدا من الناحية الرياضية والفنية إلى الدرجة التي جعلت أستاذه (سومرفلد) يقر بأنه: (**لم يكن ليقترح موضوعا بمثل تلك الصعوبة الرياضية والدقة التقنية على أي من تلامذته الآخرين خصوصا إذا كان موضوعا لنيل شهادة الدكتوراه**).

ولعل في تطرف (هيزنبرك) وميله الشديد وولعه البالغ بالجانب النظري وتفضيله إياه دائما على الجانب العملي مثل آخر على سلبية فقدانه للتوازن بين أفكاره النظرية والدراسة التطبيقية العملية الضرورية لإثبات الأفكار والنظريات في مواضيع الفيزياء، فلقد أوشك منحاه ذاك أن يؤدي به إلى النهاية المدمرة لمستقبله العلمي والوظيفي وبصورة مأساوية. كان

ذلك في عام (1923) عندما تقدم بطلب الاعتراف وتعضيد أطروحته إلى أربعة من كبار أساتذة الفيزياء آنذاك. يصف بيتر مور (Peter Moore) في كتابه (E = mc2: الأفكار العظيمة التي شكلت العالم) المعضلة التي مر بها (هيزنبرك) وما أذكته أطروحته من صراع بين أساتذته بما يلي:

((عند مناقشة أطروحته سأله أستاذه (سومرفلد) بضعة أسئلة في مجال الرياضيات النظرية والتي أجاب عنها بسهولة ويسر، أما – ولهلم وين (Wilhelm Wein) – راجع قانون إزاحة وين صفحة (839) – فقد أظهر في أسئلته اهتماما أكبر بنواحي الفيزياء العملية وأشار بأن (هيزنبرك) كان قد تمكن من التعبير بفهم وإدراك عن تفاصيل التجارب العملية وإن كان عليه مأخذ عدم القيام بها. ولكن الحقيقة التي أوشكت أن تعلن النتيجة بها كانت عكس ما كان يتوقعه الجميع فلم تمر قضية منحه شهادة الدكتوراه بسلام، إذ كثر اللغط واحتدم النقاش بين (سومرفلد) و (وين) حين أراد الأول أن يمنحه الشهادة بأعلى مقادير الشرف وبأزهى آيات التبريكات بينما أصر الآخر على رسوبه في مسعاه!. واستمر الصراع دائرا والآراء متضاربة لفترة غير قصيرة من الزمن – حبس الجميع أنفاسهم خلالها – حتى انتهت ثورة النقاش والجدل باتفاق الأستاذان على الحل الوسط وهو أن يمنح هيزنبرك شهادة الدكتوراه ولكن بأدنى درجات النجاح!)).

صاحب (هيزنبرك) رفيق دراسته (بولي) إلى جامعة (كوتنكن) حيث تتلمذ الاثنان على يد الفيزيائي الألماني [ماكس بورن (1882–1970) Max Born] وانتقل بعدها عام (1924) إلى معهد الفيزياء النظرية في (كوبنهاكن) ليتتلمذ على يد الفيزيائي الدنماركي البارع [نيلز بور (1885–1962) Niels Bohr] وهناك قابل ولأول مرة الفيزيائي العالمي المعروف (البرت اينشتين). ولم يُقبل عام (1925) حتى كان (هيزنبرك) قد توصل إلى ألمع فكرة عبقرية في مجال ميكانيكا الكم ونظرية الذرة، تلك الفكرة التي اعتبرت فتحا مبينا في تينك المجالين. ووصف كل من دافيد كاسيدي (David Cossidy) من جامعة هوفسترا

(Hofstra) والمعهـد الأمريكي للفيزياء ما توصل إليه هايزنبرك في الصفحة المسماة باسمه على الشبكة العنكبوتية بما يلي:

((بما أنه لم نتمكن ولحد الآن من الملاحظة الحقيقية لا لدوران الإلكترونات في مداراتها ولا رؤيـة تلـك المدارات (وربما لن نتمكـن من ذلك وإلى الأبد) فـإن العبقرية الفريدة (لهيزنـبرك) كانت قد تفتقت عن فكرة ابتكار نظرية لميكانيكا الكم بدونهما، واعتمد في ذلـك بدلا عنهما على ما يمكن ملاحظته وقياسـه: أي اعتمد على الضـوء الممتص والمنبعث من الذرات المعرضـة له. وكان الجواب جاهزا بحلول شـهر تموز (يوليو) من عام (1925) حين سـلم (هيزنبرك) اسـتاذه ماكس بورن (لوصفته السحرية) الحاوية على الاشـتقاق النظري والحل المنشـود لأكبر معضـلة في تاريخ الفيزياء آنذاك قبل أن يغادر متمتعا بإجازة لمدة شهر يقضيها في رحلة...)).

احتـار الأستاذ (بـورن) في فهم الورقة التـي عكف على دراستها ولم يـدرك معاني تدرج اشتقاقاتها إلا بعد أن استوعب طبيعتها وفهم علاقاتها الرياضية بمجاميع الأرقام المعروفة باسم (المصفوفات). كان ابتهاج (بورن) بعبقرية الفكرة التي توصل إليها (هيزنبرك) صاعقا حيث لم يـأل جهـدا وسارع إلى إرسالهـا للنشر، فتم بذلك الفتح المبين لـولادة ما يعرف اليوم بعلم (ميكانيكا الكم).

استطـاع (هيزبنرك) بورقته التي نشرها أستاذه (بورن) في عام (1925) من ابتكار طريقة فـذة للتعبير عـن فحوى ميكانيـكا الكم بدلالـة (المصفوفات) وذلك باعتمـاد مجموعات احتماليـة متكونة من كموم حدية بقيم معينة واستخدام تلك الحـدود لإنشاء نـوع جديـد مـن الجبر الذي سمي بالجبر غير الكمي والذي لا يعترف بمساواة قيمـة (ا × ب) لقيمة (ب × ا). واستمـرت إبداعاتـه فتمكن في عام (1926) من نشر بحـث مبتكر بمشاركة أستاذه (بـورن) والفيزيائي الألمـاني [باسـكال جـوردن (1902 –1980 Pascal Jordon] احتـوى على التفسير الرياضي لمفهوم (ميكانيكا المصفوفات) والذي تمكن العلماء بواسطته من تفسير الكثير من المصفوفات والأحداث التي أمكن اكتشافها في تصرف الذرة، فبواسطة

هـذا المفهوم يكتسب كل عنصر مـن عناصر المصفوفة معنى مقابـلا لمجموعة الاحتمالات الممكنـة لحالة أو حالات بعينها أو لحالة أو حالات انتقالية فيما بينها. وتمكن (هيزبنرك) من استخـدام استنباطه الجديد (ميكانيكا المصفوفات) لتفسير تصرف طيف ذرة الهيليوم ونجح في ذلك نجاحـاً باهـراً.

علـق تومـاس بورز (Thomas Powers) في كتابـه (حـروب هيزبنرك) بما يلـي:

((لم تـأت الحلول التي اقترحتها (ميكانيكا المصـفوفات) لهيزنبرك إلا بالمشـقة والحزن وتطلبت من العلماء تنازلات ثقيلة صعبة، فخذ على سبيل المثال فكرة تخليك عن فكرة المدارات الجذابة والواضـحة حول نواة الذرة والتي لم تترك صديقه بولي (Pauli) إلا وقد عصـفت به الحسرات وفاض به الشـجن حتى أوشك على البكاء حزنا حين كتب في عام (1925) واصـفا أسـاه وشـجنه لفقدان نموذجـه الذري المحبب: لم لا نُشـبّه الإلكـترون بدورانه حول نواة الذرة بالقمر الذي يدور بمدار ثابت حول الأرض، فإذا كانت الطبيعة قد خلقت لكل كرة مداراً يمكن لجسم آخر تابع لها أن يدور فيه حولها، فلـم جاء (هيزنبرك) وحرم ذراتنا الجميلة من هـذه الميزة وأصر على وجودها لدى كل ما هو قابل للمراقبة وحسـب (مشـيراً بذلك إلى الاسـتنتاج القائل باستحالة - مراقبة - الإلكترونـات في مداراتها). لقد أربك (هيزنبرك) عـالم الفيزياء حتى الموت في هذه اللحظة التي جاء فيها بما جاء. ولكن وعلى كل حال فإن ما حدث قد حدث وقد أثبت علميـاً، لذلك فإننـي أعتبره أكبر من طاقتـي على التحمل وإني لأتمنى بأني لم أسـمع بما سمعت قط، و ﴿... ياليتني متُّ قبل هذا وكنت نسياً منسيا﴾[1].

عين هيزنبرك في عام (1926) محاضرا للفيزياء النظرية في (كوبنهاكن) حيث استمر بالعمل هنـاك جنبـا إلى جنب مع (بور)، كما عـين عام (1927) لإشغال منصـب كرسي الأستاذية في جامعـة لايـزك (Leipzig). وأخيرا منح في عام (1932) جائـزة نوبل للفيزياء لتقديمه

(1) سورة مريم. الآية 23. (المترجم).

الوصــف المقنع لميكانيكا الكم باستعمال طريقة حساب المصفوفات حيث ألقى البروفيسور هيننك بلبجل (Henning Pleijel) رئيس هيئة منح (جائزة نوبل) ورئيس لجنة الفيزياء في الأكاديمية السويدية الملكية للعلوم خطابه في حفل تسليم الجائزة كما رآها من زاوية ميكانيكا الكم، وقد جاء فيه:

((لقد فاقنا (هيزنبرك) منذ البداية ببعد نظره وسعة أفق تفكيره فهو لم ينجرف مثلنا مع حصر قيم المدارات والإلكترونات في الذرات والجزيئات (بأرقام محددة) وإنما امتد ذهنه ليشــملها (بمجاميع قيم محددة). لقد قمت شخصــيا بتطبيق حســاباته وامتحنت تكهناتــه وفق ما جــاءت به ميكانيكا الكم على تجاربي الخاصــة حول صــفات أطياف الذرات والجزيئات (ولا أدعي أني كنت الوحيد في ذلك بل شاركني العديد من الزملاء بمثل تلك التجارب) واتفقنا جميعا على حقيقة توافق كافة نتائجنا المختبرية مع ما تنبأت به نظريته)).

لقد شكلت نظرية ميكانيكا الكم التي اكتشفها (هيزنبرك) في عام (1927) حجر الزاوية في شهــرة وحياة هذا الفيزيائي الفذ وصــارت خير إنجاز عُرف به منذ ذاك. وقد لا يهم الكم ولا ميكانيكياته ولا نظريته (شأنها كشأن غيرها من النظريات الفيزيائية والآراء الدقيقة) غير المختص فعلا فضلا عن جذبها لاهتمام عموم المجتمع، ولا غرابة في ذلك إذ إنها وحساباتها لا تخصــص أبــدا ما نشعر به ونحيــاه. وقد لا تمت لحياتنا اليومية الواقعيــة بأي صلة ولكنها – والحــق يقال – تكتسب بعدا استثنائيا وأهمية بالغــة متى ما وضعت دراسة الذرة ومكوناتها تحت المحكين العملي والنظري.

ولنحــاول الآن تلخيصــ بعض الأسس التي يقوم عليها (مبــدأ الشك) وإعطاؤك مثال أو اثنــين من واقع الحياة العمليــة لجعل تصور (هيزنبرك) لتصرف الــذرة – والذي حيّر العلماء والفيزيائيــين في يوم من الأيام – في متناول يدك ونطــاق تفكيرك لتدرك – عزيزي القارئ – معنــاه علــى الأقل إن كنت من الذين يشكّون بأن اطلاعهم على تطبيقاته لما دون مستوى الــذرة صعب المنال: ينص مبدأ الشك أصلا على **عدم إمكانية تحديد كل من موقع وعزم جســيم**

بدقـة متناهية في ذات الوقـت – وحتى من الناحية النظرية –. ونشير هنـا إلى أن معظم الفيزيائيين والكتـاب لازالوا متمسكين بتفسير تلك الحقيقة على أنها تعني عدم إمكانية امتلاك جسيم (لموقـع) و (عزم) محددين في ذات الوقت. وعلى رغم وجود الاختلاف بين الفهمين إلا أن ذلـك لايمكـن أن يؤثر على حياتنا اليومية بطريقة محسوسة أبـدا، وإنما تبرز أهميته جلية بينة لـدى التعامل مع، ودراسة الظواهر والمشاهـدات الذرية وما دونها – نفهم مما سبق أن مبدأ الشـك يتضمن الشك (بمعنى قلـة اليقين) في قياسات المواقع والعـزوم... وللعلوم المختلفة تعريفاتهـا الخاصة للمصطلحات التي قد تختلف عنهـا في العلوم الأخرى، فقد يطلق على هـذا (الشـك) أحيانا مصطلح (الزيـغ) بمعنى الحيود عن كل ما هو مثـالي أو دقيق. ولنأخذ إحـدى تلـك التعاريف المتضمنـة لمعنى العمل علـى أو القيام بسلسلة مـن القياسات المترية (للأبعـاد والمسافات) واستنباط الاستنتاجات النافعة منها، فعلى سبيل المثال دعنا نأخذ حبة فاصوليا اعتيادية ونحـاول قياس قطرها بمسطرة اعتيادية فسنحصل بالطبع على قراءة قياس معينة لقطر تلك الحبة وليكن (8) مليمترات مثلا. ولا أشك باتفاقك معي وبالنظر لمحدودية دقـة مسطرتك التي استخدمتها أنـه بإمكانك الحصول على قياس أدق باستعمال مسطرة أفضـل والتي قد تعطيك رقما مغايـرا قريبا مما سبق الحصول عليـه وليكن (8.5) او (7.5) مليمـترا. والآن إذا تصورنـا (حدود) ما يمكننا عمله – ضمن نطـاق تجربة القياس البسيطة هذه – فلاشك أنك أيضا ستتفق معي على أنه وبقيامنا بمئة قياس لقطر ذات الحبة وباستعمال مختلـف المساطر وأجهزة القياس الأدق منها – فإننا سنحصل على مئة قياس مختلف ولكنها كلهـا سوف تتمحور حول معدل قياس مركزي واحد وسيكون بإمكاننـا التعاون (مساء أحد أيام الإجازة وأثناء احتسائنا لفنجانين لذيذين من القهوة!) والقيام برسم المخطط البياني لكافة القراءات التي توصلنا إليها خلال الأسبوع المنصرم وسنجد (حتما) أنها ستتخذ شكل (المنحنى الطبيعي التام – بشكل الجرس). والذي سيتمحور حول قيمة مركزية واحدة وهي الـ(8) مليمترات. وفي تذبذب نتائج قياس قطر حبة الفاصوليا حول المعدل المتركز في محور المنتصف لمثال بين على (مبدأ الشك) في القياس.

وفي العودة إلى الأمور الأدق تذكر أن مبدأ الشك آنف الذكر قد يأتي رياضيا بصيغة

$$\Delta x \, \Delta p \geq \hbar$$

وقد يأتي في بعض كتب الفيزياء المنهجية بشكل مختلف عما سبق ذكره وهو:

$$\Delta x \, \Delta p \geq \hbar/2$$

ولعل تفسير ذلك يكمن في الاختلاف الطفيف في تعريف معنى [الفرق (Δ)]. فلقد درجت الكتب القديمة نسبيا على تعريف الـ (Δ) على أنها مجموع قياسات الأطوال الشاملة لـ (50%) من الاحتمالات الممكنة. والآن إليك مثال أعقد قليلا لتطبيقات مبدأ الشك من مثال حبة الفاصوليا آنف الذكر: ففي الأمور العلمية المنهجية الملموسة يتضمن (قانون أو مبدأ الشك) حقيقة أن المعنى المستقى من أي تفسير لحقيقة علمية معينة لا يمكن أن يعني إلا جانبا واحدا فقط (أو زاوية بذاتها) من مجمل التفاسير الممكنة لتلك الحقيقة والتي تقتصر على حدود التجربة المستخدمة لقياس الجانب المختار أو الجزء المعين من الحقيقة المقصودة بالاختبار والنقاش، ولهذه الفكرة تداعيات واسقاطات مهمة جدا، فإذا صحت (وهذا ما يؤمن به هيزنبرك قطعيا) فذلك يعني أنه علينا أن نسقط من حساباتنا وجود أي معنى أو اعتبار لأي قيمة أو حد أو (حقيقة) فيزيائية لا نتمكن من قياسها فعلا ويؤمن (هيزنبرك) كذلك بعدم قدرتنا على التنبؤ (بالمستقبل) بالاستناد على حقائق وقياسات الماضي وذلك لسبب بسيط وهو استحالة التنبؤ بمستقبل موقع جزئية واحدة أو جسيم بالدقة أو الصحة التي تتطلبها الحقائق الرياضية حتى لو تمكنا من حساب ومعرفة كافة القوة المؤثرة عليها في اللحظة السابقة بمعنى أننا لا يمكننا أبدا معرفة (حقيقة) موقع وعزم جسيم معين بالفعل في لحظة مستقبلية معينة بذاتها من قياس القوى المؤثرة عليه، وخير ما نستطيع القيام به هو التوصل إلى وضع الاحتمالات الإحصائية للحقيقة المحجوبة عنا.

لقد تذبذبت حياة هيزنبرك (وكأنه ممثل على خشبة) فقادته إلى السعادة والمرح البالغ تارة كما أسلمته إلى مخالب الرعب والخطر المحدق طورا آخر، فهي لم تخل من المطبات العلمية كما سبق وأن شاهدنا في حادثة نيله لشهادة الدكتوراه كما لم تكن بمنأى عن المفاجآت

السياسيــة التــي أودعتـــه غياهــب السجـــون فــذاق من جرائهــا الأمرين، ففي كتابهم الموســـوم (فيزيـاء القــرن العشرين) نقــل كــل مــن (لا يوري م. بــراون - Laurie M. Brown) و (ابراهــام بيس - Abraham Pais) و (ا. ب. ببرد - A. B. Pippard) عن هيزنبرك قولــه:

(لقد أدركت بعد رحيل العمر ومضي سنواته الطويلة أن الحقبة الواقعة بين عامي (1932 ، 1927) كانت قد شهدت العصر الذهبي للفيزياء الذرية).

كيف لا وقــد جاءت أيامها بالحلول المنطقية والمقبولة لأعتــى مشاكل الفيزياء ومعضلاتها والتــي شغلت بال الفيزيائيين وأقضت مضاجعهم لسنين طوال خلت. أما الآن وبعد أن أزيل هذا الهم الثقيل وانقشع الحمل الوبيل، فقد آن الأوان للتمتع بموسم خير وفير والتمتع بقطف ثمــار الأفكار الناضجة الطازجة والتي طــال انتظارها. ومن هذه الثمار قيام (هيزنبرك) بنشر كتابه الشهير (الأسس الفيزيائية لنظرية الكم) في عام (1928) والذي كان عبارة عن مقدمة نموذجية للأسس الرياضية التي بُنيت عليها نظريته في ميكانيكا الكم.

وإذا مــا عدنا قليــلاً (بالزمن) إلى الــوراء لاتضح أمامنــا جلياً مسار القــدر الذي كان يعد (لهيزنبرك) مستقبله ليحمل شعلة فيزياء العصر الحديث. ففي عام (1935) كان قد أصبح من المسلــم به أن يتبوأ علامتنا الحصيف المنصب المرموق الذي شغله أستاذه (سومرفلد) لسنوات عديدة في (جامعة ميونخ) من قبل. لم لا وهو الأجدر بهذا المنصب بعد إنجازاته العلمية الفذة فضلا عن كونه التلميذ النجيب لذاك العالم الجليل، فإذا أضفنا إلى كل ما سبق نضوج (الفكرة النازية) وإدراك القادة أن الأوان قد حان لأن يتبوأ الألمان - دون غيرهم - كل المواقع العلمية المرموقــة في المجتمع ولاسيما تسنم (الفيزيائيين الألمان) مواقع القيادة في الجامعات والمعاهد بدلا عن (نظرائهم اليهود) بما في ذلك مواقع النسبية ونظرية الكم، لصرنا على قاب قوسين أو أدنى من رؤية المستقبل المشرق والمجد الذي كان ينتظر (هيزنبرك) ويوشك أن يفتح أمامه باب سعده، وهو الذي كان قد جمع الوطنية والعلم في قلب وعقل رجل واحد، ولكن حظه العاثر شاء إلا أن يُلغى أمر تعيينه لذلك المنصب وحرمانه من أي منصب آخر غيره رغم كونه مسيحيا

لا يمت لليهودية بصلة وألمانيا صميما نذر نفسه لخدمة وطنه وأمته. أما السبب في ذلك الإلغاء فظهر جليا بعد فترة من الزمن... وكان يعود لتقرير استخباراتي ألماني وجد طريقه إلى الملفات السرية العسكرية وفحواه: (إن أنسب مكان لوجود الأستاذ هيزنبرك هو في معسكرات الإبادة الجماعية لا على الكراسي والمناصب القيادية في الجامعات).. وأدارت الدنيا ظهرها له فأدرك (هيزنبرك) المعنى الأليم للمثل القائل (إذا أقبلت عليك الدنيا بوجهها منحتك محاسن غيرك وإن أدبرت سلبتك محاسنك) وذاق طعم علقمه المر عندما صدرت إحدى نشرات المخابرات الألمانية والموقعة من قبل رئاستها الشهيرة والمخيفة والمعروفة بالجستابو (SS) وهي تعلن صراحة (بأن هيزنبرك لا يتعدى كونه خائنا شأنه شأن الكثيرين من الخونة الألمان أمثاله والذين لا يعبرون إلا عن الروح العدائية اليهودية الضالة التي لا هم لها سوى نفث سمومها في المجتمع الألماني العتيد لتخريب إنجازاته العظيمة ولمحاولة إطفاء الجذوة الروحية الصافية فيه وعليه، فهم بالحقيقة أحق بالإعدام والإبادة من نظرائهم اليهود). وبناء على ذلك سيق عالمنا إلى غياهب المعتقلات وتنقل بين السجون النازية المرعبة وعانى ما عانى من ويلات التحقيق والتعذيب وما كان ليخرج حياً من تلك المأساة التي حلت به لولا رأفة القدر به حين أعلن عن إخلاء سبيله بتقرير غريب قصير مقتضب مفاده إسقاط تهم الاحتجاز عنه وتبرئته من الخيانة التي وصم بها. كان وقع قرار الإخراج والعفو المفاجئ على نفس (هيزنبرك) مؤثرا مؤلما صاعقا غريبا شابه بغرابته قرار اعتقاله أول مرة!!.

ولك أن تستمر بالاستماع إلى (سمفونية) تراجيديا حياة هذا العبقري (بطبقاتها) المختلفة فتعلم أنه برع كعازف فذ على البيانو أحيا العديد من الحفلات والكونسرتات الرائعة المتميزة والتي لمع نجمه فيها حتى أن نبوغه في الموسيقى وحبه لها كان السبب المباشر في عثوره على حبه الآخر، زوجته اليزابيث شوماخر (Elisabeth Schmacher) والتي كانت فتاة ذكية رائعة الجمال جذابة، صادف وأن حضرت إحدى حفلاته وهي في ربيعها الثاني والعشرين وكان هو حينها قد بلغ الخامسة والثلاثين فأعجبت به وأعجب بها فتواعدا... وبعد بضعة لقاءات مفعمة بالمودة والعاطفة بينهما تقدم لطلب يدها وتزوجها بعد ثلاثة أشهر من لقائهما

الأول في صالــة كونسرت البيانو وكان ذلــك في عام (1937). حفلت حياتهما بالكثير من الأحداث السعيدة والمفاجآت الجميلة وزينوها معا بسبعة من الأولاد.

ومــن الأحــداث المهمة في سيرة حياته موضــوع ترؤسه لمشروع الســلاح النووي الألماني الفاشل خلال سني الحرب العالمية الثانية الأمر الذي أثار الكثير من الجدل والنقاش بين ثلة من مؤرخي العلوم والذين لا زالوا – وإلى هذا اليوم – يشككون بحقيقة الأسباب التي أدت إلى ذلك الفشــل ولازالوا يناقشون النظريات التي تعرض وتجادل في ما إذا كان السبب الحقيقي لذلــك الفشل يعود إلى قلــة التمويل المادي والدعم الرسمي لذلك المشــروع؟ أم كان بسبب قلــة وفقدان العلمــاء المؤهلين لمواصلته؟ أم تراه كان فعلا يعــود إلى ضعف المهارة العملية من جانــب (هايزنبرك) شخصيا؟ ولكن الكثير من المؤرخــين والمنصفين لازالوا يجادلون، ومن وجهــة نظر مغايرة بــأن السبب الحقيقي والجوهري لفشل ذلــك المشروع الطموح العملاق كان كامنــا في نفس (هيزنبرك) متمثلا بعدم رغبته الصادقة بمنح مثل ذلك السلاح الفتاك في تلك الحقبة التاريخية الحرجة خلال الحرب العالمية الثانية إلى نازيي ألمانيا وتمكينهم من الضغط على زناده. وعلى أية حال فمن المؤكد من مراجعة التاريخ أن الفكر العسكري الاستراتيجي الألماني كان قــد حسم أمر تمويل ودعم ذلك المشروع بقرار الاعتماد الفعلي والمستقبلي على ســلاح الصواريخ والطائــرات النفاثة على حســاب تقليل المال المرصــود لتطوير أي (جهد عسكري باتجاه إنتاج السلاح النووي).

ومن بين المتناقضات التي لا تنتهي في حياته أيضا تبرز حقيقة انتمائه الشديد وحرصه الأمين على إذكاء الدافع الوطني الألماني ذاتيا وإلى الحد الذي قد يوصف معه بالتطرف القومي الألماني وكان هــذا كل ما يبغيه الحلفاء لوصم من يريدون بالنازية والتعصب والعنصريــة. ظهر ذلك جليــا فــي خطابــه الــذي أرسلــه فــي عــام (1943) إلى العالم الألمانــي (هندريك كازيمير – Hendrik Casimir) والــذي نشـــره المــؤرخ (دان كرزمان – Dan Kurzman) في كتابه (الماء والدم) والذي جاء فيه:

((لا يشـك أي قارئ منصف للتاريخ بأن القدر كان قد حسم أمره باختيار ألمانيا لقيادة

أوربا ومن ثم قيادة العالم بأسره. فلا يمكن لأمه أن تصـمد وتثبت وجودها في محيط العالم المتلاطم إذا لم تكن قد أحسنت (فن القسوة في القيادة والانضباط)، أما الديمقراطية والديمقراطيون فلن يتمكنوا أبدا من بناء ما يكفيهم من القوة (بأسلوبهم هذا) ليحكموا أوربا، وبإمعان التفكير بما سبق لن يصمد لولوج وقيادة المستقبل إلا احتمال القوتين العظيمتين المتصارعتين في أوربا واللتين لا ثالث لهما لسيادة العالم وهما ألمانيا وروسيا ولا أستطيع الجزم الآن، ولكنني أتكهن بثقة بأن أوربا الموحدة تحت قيادة ألمانيا ستكون وبلاشك أهون الشرين)).

ونقرأ فيما يلي التقرير السري بحق (هيزنبرك) والذي كان قد حرره الفيزيائي الأمريكي - ألماني الأصل - [صموئيل كود شمت (1978-1902) - Samuel Goudsmit] والذي يعبر فيه عن تحفظه بشأن تصرفات هيزنبرك (نازية المنحى) والذي أرسله إلى (ميشيل بيرن - Micheal Perrin) في السابع والعشرين من شهر آب (أغسطس) من عام (1948). فض الأخير - وهو الضابط الأمريكي المسؤول عن معسكرات الاعتقال الخاصة بالعلماء الألمان الذين كان لهم ضلع في برنامج ألمانيا النازية لإنتاج القنبلة الذرية - ذلك الخطاب الذي جاء فيه:

((لا يظهر لي - بالدلائل الملموسة بالطبع - أن لدى هيزنبرك - ولحد الآن - الرغبة الصادقة في إدانة الأعمال التي قامت بها ألمانيا النازية بصورة علنية. ولعلك تلاحظ (وفي كافة خطاباته) النبرة المدافعة عن ألمانيا وعظمتها بصورة يحاول معها التأثير على مستمعيه دائما بالإشادة بقوة وامتياز وتفوق العمل العلمي الجماعي الألماني حتى ولو كان تحت القيادة النازية العنصرية، وتراه يصر ويكرر دائما بل ويؤكد على (النية السلمية) لكل ما قامت به ألمانيا، وعليّ أن أذكّر هنا أن المقالة الوحيدة التي سبق وأن قرأتها له والتي ظهرت فيها (وبخجل شديد) الرائحة المقاومة للنازية، كان في خطابه الموجه إلى طلاب جامعة (كوتنكن) والذي أشار فيه إلى (أن لا دخل للعلوم بالدين ولا بالعرق)، وفي اعتقادي الشخصي كان على (هيزنبرك) أن يشدد من لهجته في نقد النازية كأن يشير

على سبيل المثال إلى النزعة التدميرية للدكتاتورية بقيادتها... ولكنه لم يفعل!)).

لقد كان لمثل هذا التقرير – والذي تفوح منه الرائحة والنكهة الاستخبارانية بوضوح – الأثر البالغ في تقرير مصير (هيزنبرك) كعنصر مضاد للحلفاء المنتصرين، والذي تم القبض عليه فعلا في نهاية الحرب من قبل قواتهم، وتم إيداعه بالفعل في أحد معسكرات الاعتقال مع غيره من العلماء الألمان ولشهور عدة، تلك المعسكرات التي كانت عبارة عن ثكنات مهجورة حقيرة تقع في ضواحي الريف الإنجليزي، حيث كانوا تحت المراقبة المستمرة بأجهزة تنصت سرية تسجل كل ما يتفوهون به.

وبعد أن لاقى الأمرين في اعتقاله رغم منزلته العلمية المرموقة أطلق سراحه بعد انتهاء الحرب وعين في عام (1956) مديرا المعهد (ماكس بلانك للفيزياء والفيزياء الفضائية) في جامعة (كوتنكن)، واستمر في هذا المنصب حتى بعد انتقال المعهد إلى ميونخ وحتى تاريخ تقاعده في عام (1970). طويت صفحته فوافاه أجله المحتوم عن عمر قارب الخامسة والسبعين وذلك عام (1976) إثر إصابته بمرض السرطان.

لقد ألف (هيزنبرك) في حياته العديد من الكتب حول الفيزياء يجدر الإشارة هنا إلى اثنين منها تضمنا آراءه حول فلسفة هذا العلم هما (الفيزياء والفلسفة عام 1962) و (الفيزياء وما بعدها عام 1971). ذكر (ديفيد كاسدي – David Cassidy) الأثر البين الذي تركه (هيزنبرك) في علم الفيزياء في كتابه الموسوم (ورنر هيزنبرك: مراجعة لحياته وأعماله) ما يلي:

((يُصنف هايزنبرك في مطاف الفيزيائيين العظام أمثال (نيلز بور) و (بول ديراك) و (ريتشارد فاينمن) الذين أثروا بوضوح وتركوا بصماتهم بينة جلية على فيزياء معاصريهم. لقد كان وبلاشك اللاعب الأساسي في استنباط ميكانيكا الكم كما أنه كان قد شرع فعلاً بوضع نظرية كمية تفسر الخاصية المغناطيسية للمواد الحديدية، وأخرى لتفسير نموذج علاقة البروتون بالنيترون داخل النواة وثالثة أسماها النظرية السينية)).

ونشر خلال حياته ما ينيف على الـ (600) دراسة ما بين ورقة بحث أصيلة ومقالة فلسفية وتوضيحات علمية، هذا وقد كانت جهوده التعليمية والبحثية موجهة إلى العلماء والمختصين،

كما كانت موجهة لغيرهم من عموم الدارسين والمطلعين.

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Brown, Laurie M., Abraham Pais, and A. B. Pippard, *Twentieth Century Physics* (Boca Raton, Fla., CRC Press, 1995).

Cassidy, David C., *Uncertainty: The Life and Science of Werner Heisenberg* (New York: W. H. Freeman & Company, 1991).

Cassidy, David, "Werner Heisenberg: An Overview of His Life and Work," in *100 Years, Werner Heisenberg: Works and Impact*, Dietrich Papenfuß, Dieter Lüst, and Wolfgang P. Schleich, editors (New York: Wiley, 2002).

Cassidy, David C., and the Center for History of Physics of the American Institute of Physics, "Werner Heisenberg and the Uncertainty Principle", see www.aip.org/history/heisenberg/.

Heisenberg, Werner, *Physics and Beyond: Encounters and Conversations* (London: G. Allen & Unwin, 1971).

Kurzman, Dan, *Blood and Water: Sabotaging Hitler's Bomb* (New York: Henry Holt, 1997), 35.

Moore, Pete, *$E = mc^2$: The Great Ideas That Shaped Our World* (New York: Sterling Publishing, 2005).

Powers, Thomas, *Heisenberg's War: The Secret History of the German Bomb* (New York: Da Capo Press, 1993).

Rose, Paul, *Heisenberg and the Nazi Atomic Bomb Project, 1939-1945: A Study in German Culture* (Berkeley, Calif.: University of California Press, 1998).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

– لقد رأى الفلاسفة وعظام مفكري الأديان في القرن الماضي دلائل وجود الخالق (جل وعلا) في التناظر والتناغم الكوني، وفي المعادلات الجميلة الخلابة للفيزياء التقليدية التي تصف ظواهر الطبيعة كالكهربائية والمغناطيسية وغيرها من حولهم، أنا لا أرى في بساطة النماذج التي توفرها الظواهر الطبيعية المعقدة من حولنا دليل على وجود الإله. أنا أومن أنها ذاتها هي الإله!... فهلا أمعنت التفكير وأصخت السمع (لنغمات ورشاقة المنحنيات الحسابية وحسب)! ألا تجدها تعزف موسيقاها الخاصة بها؟ أليس في ذلك نفحة من عظمة الخالق (سبحانه)؟ أليس كل ما حولنا ينطق بالروحانية؟!

راب

Panl Rapp، (Get Smart، Controlling Chaos) Omni.

مقتطف من كتاب (كن حكيماً - تنسيق الفوضى).

– يمكننا التسـليم بإمكانيتنا على التعبير عن (كيفية) تصرف الطبيعة بتجريد رياضي سليم. ولكن بأي منطق يمكننا إدراك (كنه) الكون من حولنا. دعني أسـألك بأي منطق يمكن (لقوانين نيوتن) أن تفسر لنا لم تتحرك الأشياء وليس كيف؟

كراوس

Lawrence M. Krauss، Fear of physics.

مقتطف من كتابه (الخوف من الفيزياء).

– لنفرض جدلا أن الكون عبارة عن رقعة عظيمة من رقع الشطرنج، وأن الأحداث فيه حركات لأحجار عليها وما نحن إلا مشاهدين لحدث صادف (ولا نعرف لم وكيف) إن وجدنا لمراقبة الآلة وهي تلعبها. لن نسـتطيع رؤية الآلة ولا قراءة أفكارها بالطبع. ولكننا إذا ما راقبنا تلكم الأحجار تتحرك وتتنقل ولفترة معقولة من الزمن، فلابد لعقولنا أن تلحظ وتفهم شيئاً من قوانين تلك اللعبة. ولكننا بالمقابل قد لا تتمكن أبـدا مـن فهم لم تمت هذه الحركة دون تلك – فضـلا عن معرفة ما يجول بخواطـر تلك الآلات خارجها – وذلك لسـبب بسـيط هو أن التعقيد الذي يلف معرفة (لم) جرت تلك الحركة يفوق بكثير فهم عقولنا المحدود وإمكانياتها. ولذا لابد لنا أن نركز تفكيرنا ونشحذ هممنا لنفهم المزيد والمزيد من قوانين اللعبة، أي لنعرف (الكيف). فإذا ما فهمناها (بعد زمن يظهر لي بعيدا وبعيدا جدا) سنستطيع القول بأننا قد فهمنا اللعبة أي أننا فهمنا الكون.

فينمان

Richard Feynman، Feynman's Lectures on physics.

مقتطف من (محاضراته في الفيزياء).

– لكل نظرية علمية حقل تطبيقاتها المحدد، ولكل نظرية مجالها الخاص الذي تنجح فيه مقارباتها وآخر يفوق قدراتها فتفشل. خذ البناء مثلا: فستكفي (جاذبية غاليليو) لبناء البيوت وسنحتاج (جاذبية نيوتن) فقط لبناء ناطحات السحاب الشاهقة، أما (جاذبية اينشتين) فقد نستخدمها في مناورات سفن الفضاء أو إنزالها على كواكب بعيدة عند الحاجة، ولكننا لا نقوم بذلك إذا كانت (قوانين نيوتن) تفي بالغرض اللازم من حيث دقة العمل وسلامته.

أما سؤالي الحقيقي فهو: هل كان بإمكاننا التوصل إلى فهمنا العميق لما ذهب إليه (اينشتين) بنظريته دون المرور بقرنين من المراقبة والتحليل واكتساب الخبرة تحت مظلة (نيوتن) وما دعت إليه قوانينه التي أوجدها والتي وحدها التي أهلت أذهاننا لفهم طفرة اينشتين؟ أقولها واثقا أن الجواب هو بالنفي.

بركمن

William T. Bridgman، (The Cosmos in your Pocket،

How Cosmological Science Became Earth Technology.

مقتطف من كتابه (الكون في متناولك) .

قانون هابل لتمدد الكون

HUBBLE'S LAW OF COSMIC EXPANSION

الولايات المتحدة عام 1929:

تـزداد سرعة ابتعاد أي مجرة عن مراقب لها مـن الأرض كلما ازدادت المسافة التي تفصلها عنـه – أي أن للمسافات الفاصلة بين المجرات والسـدم الكونية صفه التمدد والتباعد دائما ولهذا فإن الكون في اتساع أزلي.

محاور ذوات علاقة:

تأثـير دوبلـر (THE DOPPLER EFFECT)[1]، والنظريـة النسبية العامة (THE GENERAL THEORY OF RELETIVITY)، وقانـون باي – بالو للضغط والرياح (BUYS – BALLOT'S WIND AND PRESSURE LAW).

من أحداث عام (1929):

– نشـر الكاتب الأمريكي المعروف ارنست همنغواي (Ernest Hemingway) روايته الشهيرة – وداعا للسلاح.

– انهيار سوق الأسهم الأمريكية الشهير وما تبعه من ركود اقتصادي.

– ظهـور العديد من الأغاني الغربية الشهيرة مثل (Singing in the Rain) و (Tiptoe Through The Tulips).

– ظهـور واشتهـار الشخصيـة الكرتونيـة المعروفـة (باباي الملاح – Popey The Sailor Man).

– تـم عـزف وغنـاء رائعـة فرقة [غـاي لومبـاردو (Guy Lombardo)] المعروفة (Auld Lang Syne) لأول مرة.

(1) تأثـير دوبلر (The Doppler Effect) – وهي الظاهرة المسماة باسم الفيزيائـي النمساوي كرستيان دوبلر (Christian Doppler) الـذي وضعهـا في عام (1842) وتعني التغير الحاصل في تردد موجة لمراقب متحرك نسبة لمصدر الموجة الثابت، أو العكس. (المترجم).

- ولادة القائد الفلسطيني المعروف والحائز على جائزة نوبل للسلام (ياسر عرفات).

نص القانون وشرحه:

وضع الفلكي الأمريكي ادون هابل (Edwin Hubble) في عام (1929) قانون العلاقة الخطية بين إزاحة المجرات والمسافات الفاصلة بينها وهي:

$$v = H \cdot D$$

حيث تمثل v - سرعة الابتعاد أو الإزاحة، وهي سرعة ابتعاد أي مجرة عن مراقب ثابت على الأرض مثلا.

و H - هو ثابت هابل

و D - هي مقدار المسافة الفاصلة بين أي مجرة ومراقب لها على الأرض (أو على أي جرم آخر)، وبعبارة أدق هي مقدار المسافة التي قطعها الضوء في انتقاله من تلك المجرة إلى مراقبها إذا اعتبرناه كنقطة مرجع ثابت.

ويمكننا الآن بعد تطور فهمنا للدراسات والحسابات المتعلقة (بثابت هابل) أن نعتبره مرجعا (لتطور الكون)، بمعنى أن الكون ووفق ما نص عليه القانون لابد وأن يكون قد اتسع وتطور عبر الزمن، ولذلك فإن (H) بالحقيقة تكتب (Ho) والتي تعني بوضوح رياضي مقنع أن (ثابت هابل) هذا هو عبارة عن ثابت يخضع لمتغيرات لابد وأن تكون قد (غيرت) من قيمته عبر الزمن. ولابد هنا من الاستدراك والتأكيد على أنه ظل ثابتا لحقبة طويلة من الزمن - أما قيمته - فتبلغ حسب آخر مقاربة فلكية له (71 كيلومترا في الثانية) لكل ميكابارسك (Megaparsec) و(الميكابارسك) عبارة عن وحدة قياس كونية بالغة العظمة والاتساع تبلغ مقدار المسافة التي يقطعها الضوء في(3) ملايين سنة من سني الأرض، والسنة الضوئية بدورها هي المسافة التي يقطعها الضوء في الفراغ في السنة الواحدة والتي تبلغ حوالي [(9.46) مضروبة × (10 مرفوعة إلى القوة 12)] كيلومتر وتساوي ما يقارب 5.88 ترليون (5.88 مضروبة في 10 مرفوعة إلى القوة 12) ميل. ولاستيعاب المدى الهائل العظيم لمقدار المسافة التي يمثلها (الميكابارسك) الواحد يمكنك أن تتصور أن قطر مجرتنا بكاملها والمسماة

بمجرة (درب التبابة) أو (مجرة الطريق اللبني)[1] لا يتعدى الـ (0.02) - الاثنين بالمئة من الميكابارسك الواحـد! وأن المسافـة الفاصلـة بين مجرتنا آنفة الذكـر وأقرب مجرة لهـا في الكـون والمسماة (المرأة المسلسلـة)[2] لا يتجاوز الـــ (0.77) من الميكابارسك. أما حساب المسافات الهائلة بين المجرات فلا تعتمد على قياس المسافات المجردة بينها فقط وإنما تعتمد في الأصل على مقدار الفرق في زيادة الزيغ أو الانحراف البصري الضوئي لطيف اللون الأحمر المسجل ضمن نطاق الطول الموجي للإشعاعات الكهرومغناطيسية القادمة إلى... والمسجلة من قبل المراقب على الأرض مقارنة بذاك المبعوث من قبل المصدر المدروس، ويحدث مثل هذا الزيغ أو الانحراف اللوني الأحمر بسبب سرعة حركة المجرات وهي تبتعد عن مجرتنا بسرع عالية جدا تعود أصلا إلى اتساع الكون ذاته.

وبإمكاننـا اعتبار نموذج تغير الطول الموجي للإشعاعات الكهرومغناطيسية نتيجة للحركة النسبية بين المجرات والأرض مثالا بينا لما يعرف بتأثير دوبلر (Doppler Effect) (راجع الفصـل المخصص لقانون بـاي - بالو للريـاح والضغط ابتداء من صفحـة (769) من هذا الكتـاب لمعلومات أوفر حول هـذا الموضوع)، كما توجد طرق فلكيـة أخرى لقياس سرع المجرات المبتعدة عن الأرض وتقدير نطاق تغيرها.

لا ينطبق (قانون هابل) على التجمعات النجمية المنتظمة في مجرة واحدة والتي تتأثر الواحدة منها بقوة الجاذبية التي تسلطها كافة جاراتها عليها كما تؤثر هي عليهن بهـا. ولهـذا

التفسـير يعود سبب عدم ابتعاد النجوم المكونة لمجرتنا (الطريـق اللبني - او درب التبانة) الواحـدة منها عـن الأخرى بنفس الصورة التـي تبتعد بها المجرات الواحـدة عن الأخرى.

(1) The Milky Way - وهي المجرة التي تضم شمسنا ومجموعتها من الكواكب بما فيها كوكب الأرض وتحوي ما بين 200-400 بليون نجم ويبلغ عرضها حوالي 100 ألف سنة ضوئية وسمكها حوالي 10 آلاف سنة ضوئية. واستمدت اسمها من أسطورة إرضاع (هيرا) لهرقل (أو هيراكلس) وإخفاقها في ذلك وتسرب شيء من الحليب خارج فمه من صدرها. وتسمى بدرب التبانة من التشبيه العربي لما يسقط من التبن الذي تحمله عربات الفلاحين الخشبية إلى مواشيهم. كما تسمى (بطريق الطيور) في اللغات التركية والنهر المقدس بالهندوسية والنهر الفضي باليابانية والصينية. (المترجم).

(2) Andromida - اندروميـدا - او NGC 224، M31 - وهـي أقرب المجـرات لمجرتنا ويمكن مشاهدتها بالعين المجردة وتبعـد عنا حوالي 2.5 مليون سنة ضوئية وتحوي على نحـو 250--500 ألف مليون نجم ويبلغ قطرها حوالي 150 ألف سنة ضوئية وهـي بذلـك أكبر من مجرتنا - درب التبانة - أول من ذكرها في مصدر مكتوب هو الفلكي العربي المسلم عبدالرحمن الصوفي سنة 964 للميلاد. (المترجم).

ومـن المفيـد التوضيح هنا أيضا أن هذا القانون قد ينطبق فقـط على مجاميع المجرات والسدم الكونيـة ولا ينطبق على المجرات المكونة لمجموعة واحدة وذلك لنفس السبب السابق وهو أن المجـرات الواقعـة ضمن النطاق الجذبـي المشترك لها كمجموعة تتأثر بـه أكثر من تأثرها بالقـوة المفرقـة لها حسب (قانون هابـل). ولهذا يمكننا القول أيضا بـأن الكتلة الفلكية التي تشمـل مجموعة المجرات المتقاربة ومن ضمنها مجرتنا نحن - بكامل نجومها - وشريكتها في الكتلة النجميـة (المجرة الجارة الأقرب لنا والمسماة بالمـرأة المسلسلة)[1] لا تخضعان لقانون التباعد ولكنهما تتمسكان وتحتفظـان بمواقعهما الثابتة ضمن مجموعتهما المجرية، ولكنهما كمجموعة كاملة تبتعد عن المجاميع الأخرى المنطلقة إلى أعماق الكون السحيقة كما يبتعدون هـم عنها. ولا تمنح حقيقة ملاحظة ابتعاد باقي مجرات الكون عن مجرتنا ومجموعتنا الشمسية وأرضنا أي صفة مميزة لها من المنظور الكوني، فأي مراقب على أي كوكب ضمن أي مجموعة شمسيـة تابعة لأي مجـرة ضمن أي كتلة مجرات سوف يلاحظ ما يلاحظه مثيله على الأرض، وهذا ما تؤكده حقيقة أن الكون بكامل مكوناته وعناصره في اتساع وتوسع دائمين مطردين.

لم يكن يملك العلماء والفلكيون في عـام (1917) التصـور الواضح لطبيعـة وأسلوب تصرف المجـرات كما نعرفها الآن، إلا أن ذلك العام كان قد شهد بداية إدراكهم وتفهمهم لمبدأ تمدد الكون واتساعه وذلك باكتشافهم لحقيقة فلكية كونية تتلخص بخصوصية تمتع اللون الأحمر من ألوان الطيـف الضوئي المرئي الوارد إلى الأرض من المجرات البعيدة بخاصية الجنوح إلى أطـراف طيف ذلك اللون كلما أوغلت المجرة المرصـودة بالابتعاد عن الارض، بمعنى زيادة سرعتهـا النسبيـة عن المراقب الأرضي. فكلما أوغلت المجـرة في البعد، كلما ازدادت سرعة ابتعادهـا النسبية عنهـا. ولقد شكلت هذه الملاحظات تحقيق الخيـوط الأولى لإثبات (نظرية الانفجـار العظيـم The Big Bang Theory) والتي يعزى لها تفسـير بداية نشأة الكون

(1) تحوي مجرتنا المسماة (The Milky Way) الطريق اللبني أو درب التبانة على 200-400 بليون نجم. وتحوي جارتنا مجرة (Andromida) المرأة المسلسلة على 250-500 بليون نجم.

واستمرار تمدد الفضاء منذ حدوثها.

ولابد لنا من الاستدراك هنا لتوضيح أن حقيقة ابتعاد المجرات عن بعضها البعض وترامي مواقعها في غياهب الكون الفسيح لا يشبه أبدا نموذج ابتعاد أجزاء وشظايا قنبلة منفجرة بعضها عن بعض. وإنما يشبه حقيقة ابتعاد النقاط المرسومة بعناية على السطح الخارجي لبالون مطاطي ينفخ باستمرار، بمعنى أن ما يزداد فعلا (حسب تلك النظرية) هو بالحقيقة ليس المسافة الفاصلة بين المجرات ومجاميعها وإنما هو الفضاء الشامل الحاوي لها، فلا يهمك - حسب نموذج ابتعاد النقاط المرسومة على سطح البالون المنفوخ - على أي نقطة منها تكون، فالكل في تمدد وابتعاد مستمر منتظم نسبة إلى الكل ولا تتأثر سرعة تمدد حيز فضاء معين عن سرعة أي حيز آخر إلا بمقدار ما يتأثر به هذا الفضاء أو ذاك بكمية الجاذبية المسلطة عليه من قبل الكتلة التي تحويه (مرئية كانت أم سوداء لا ترى).

أما (ثابت هابل) فيساعد العلماء على النظر بإمعان ودقة إلى دواخل الكون وأغواره ويمهد لفهم وتوقع تصرفاته لأنه يحوي ضمنيا وفعليا السجل الزمني له، بمعنى أنه يوفر الأسلوب الأمثل لقياس مقدار (تمدد) الزمن منذ لحظة (الانفجار العظيم)[1] فعمر تمدد الكون يساوي مقلوب ثابت هابل لحقبة زمنية محددة فإذا كان ($H = 71$ كيلومتر في الثانية لكل ميكابارسك) فهذا يعني أن عمر الكون الاتساعي (وهو العمر الزمني المفترض له منذ بداية شروعه بالاتساع - أي منذ لحظة حدوث الانفجار العظيم - سيبلغ 13.7 بليون سنة، ولكن هذا العمر الاتساعي المفترض للكون لا يعني ولا يعكس إلا حقيقة العمر المتأتي من الاتساع والتمدد المنتظم له غافلا أي تعجيل أو تقليل قد يطرأ أو يتدخل في انسيابية ذلك التمدد. فإذا ما فرضنا احتمالية تمدد الكون (بتعجيل[2] - مهما كان) وهذا ما توصلت إليه أكثر الدراسات

(1) إن في النظر إلى أعماق الكون والإيغال في البحث عن المجرات متناهية البعد عنا ما يمكن تشبيهه بمن يقرأ في كتاب تاريخ الكون معكوساً منذ نهايته رجوعا إلى الخلف على أمل إدراك بدايته، إن استطاع لذلك سبيلا!. (المترجم).

(2) التعجيل Acceleretion - يعرف التعجيل في الفيزياء وعلى الأصح في علم الحركة Kinematics بأنه مقدار التغير في الإزاحة بمرور الزمن. وفي علم الميكانيك الكلاسيكي فإن التعجيل = القوة مقسومة على الكتلة (المترجم).

والحسابات العلمية الفلكية المرموقة والمقترحة من قبل أكثر العلماء اليوم، فلابد أن يكون عمر الكـون المفترض المقترح أكبر بكثير مما سبق تقديره على أساس افتراضه مساويا لمقلوب ثابت هابل (1 / H) الثابت سابقا. ولهذا تحدث علماء الفلك ومنذ فترة غير قصيرة عن (ثابت هابل المتغير) والذي سبق الإشارة إليه ويرمز له بـ (Ho).

تمكـن (هابل) من إيجـاد العلاقة التي تحمل اسمـه في عام (1929)، وهـي العلاقة التي تحكـم المسافة الفاصلـة بين الأرض وأي مجـرة بدلالة مقدار زيغ اللـون الأحمر لها وذلك برسمه لمعلوماته المستقاة من دراسة (46) مجرة على شكل خط مستقيم، ولقد أمكن حساب (ثابـت هابل) بمقدار تقريبـي بلغ (500) متر بالثانية لكل ميكابارسـك من المسافة الكونية الفاصلـة بين المجرات، أما القيمـة العملية التي نستخدمها اليوم لهـذا الثابت في حساباتنا الفلكيـة فأقل بكثير ممـا سبق حسابه وذلك بعد اكتشاف وتعديـل وإصلاح الكثير والعديد من مصادر الخطأ التي سبق وأن رافقت إجراء القياسات الفلكية لأول مرة والتي تم الاعتماد عليهـا لوضعه. أما سبب ذلك فيعود إلى حقيقة أن الكثير من النقاط التي استخدمها (هابل) أول مـرة لرسم مستقيم سرع تقهقر مجراته الـ (46) واستنتاجه اعتمادا عليها للعلاقة الخطية (الواضحـة) بينها كانت قد عانت من زيغ كبير غفل هو عنه، أما سبب ذلك الزيغ فقد عزاه العلمـاء – فيما بعد – لوجود حركة إضافية (متبقية) امتازت بها المجرات المدروسة، إضافة إلى حركتهـا وسرعتها الناتجة عن التمدد (الطبيعي للكـون). لقد نشـر الفلكـي الأمريكـي [الان سانـداك المولـود عـام Allan Sandage– 1926] قيمته المصححـة المحسوبـة لثابت هابـل النسـبي (Ho) عـــام (1958) بمقــــدار (75 كلم/ثا/ميكابارسك) كما أشرت إلى ذلك سابقا.

هذا وقد تمكن الفلكيـون والباحثـون في بداية التسعينـات وباستعمـال مرقاب (هابل)[1]

(1) مرقـاب هابـل - Hubble Telescope - المرقاب الفضائي الوحيد الذي صمم ليصان من قبل ملاحي الفضاء في موضعه في الفضـاء الخارجي دوريـاً. لن يخلفه وسيفوقه ولكن بعد عـام 2014 مرقاب جيمس ويل الفضائـي JWST-James Well Space Telescope الذي سيعمل بالأشعة تحت الحمراء.(المترجم).

مــن دراسة (متغيرات سيفيــد – Cepheid Variables) وهي عبارة عن نجوم تملك قابلية بعث نبضات خارقة من الموجات الكهرومغناطيسية أمكن اعتبارها دلالة علمية معتمدة على مقدار لمعانها الداخلي (والذي يعني فلكيا مقدار الطاقة التي تحتويها بدلالة الطاقة التي تشعها) ومــن ثــم استعمال ذلك كدلالـــة لقياس مقــدار زيغهــا اللوني الأحمر والــذي يمدد بدوره مسافاتهــا التي تفصلها وسرعاتها التــي تبتعد بها عنها، فبالاستنــاد إلى المعلومــات الدقيقــة المستقــاة مــن دراسة تلك الأنواع مــن النجوم وتحديد مواقعها ضمــن (31) مجرة مختلفة في أرجــاء الكون المحيط بالأرض، تمكن الدارسون والفلكيون مــن إعادة حساب مقدار ثابت (هابل) النسبي (Ho) وبدرجة دقة تقترب من (10 %)، وباستعمال هذه القيمة الحديثة لذلك الثابت وبحسابات أدق لتأثيرات الأشعة الكونية الميكروية والتي تمثل الخلفية (النشطة) للكون أو الضوضاء الصادرة من عمق الكون وباستعمال الحاسبات الإلكترونية المتطورة أمكن تقدير عمر الكون الحالي بحوالي (13.7) بليون عام.

ولا يتوقــع حصيف انتهاء مفاجآت الكون واكتشافاته، فمــع تقدم العلوم الفلكية وازدياد دقــة الحسابات الكونية أمكــن التعرف على (مادة) جديدة في الكون أطلق عليها اسم (المادة الســوداء –The Black Matter) بالنظر لإمكانية الاستشعار بتأثيراتها البيئية عمليا دون إمكانية تحسسها لا على المدى الموجي المرئي ولا على المدى الراديوي الأقصر طولا أما إثبات وجودهــا وبمــا لا يقبل الشك فقد دفع العلمــاء إلى اعتبارها المســؤول الأول عما لا يقل عن (75%) مــن التأثيرات الراديوية والموجية والجاذبيــة والتي تدل على تكوينها للنسبة السابقة من مجمل طاقة الكون وكتلته اللتين تتمركزان فيها.

لقــد شرعت تلك (المادة السوداء) المجهولة والتــي دخلت إلى صلب خلق الكون (بإظهار تأثيرها البين على مجمل المادة المرئية الأخرى) بالإفصاح عن نفسها بوضوح فصارت المسؤولة عــن زيادة تمدد الكون ومجراته وابتعادها بعضها عن بعض بسرع تعجيلية تعمل الآن على مد الكــون إلى الخارج بسرع أعلى وبمسافــات أكبر لم يحسب العلماء والفلكيون الأوائل حسابا لها من قبل.

للفضوليين فقط:

• قــل مــن يعلم الـدور الحقيقي والمحـوري الذي لعبـه الفلكي الشهـير [ملتن همصن Milton Humason (1891-1972)] في مساعـدة (هابـل) علـى وضعـه لقانونـه الشهير وذلك بمساعدة الأخير بإجراء العديد والعديد من الحسابات الطيفية لنتائجه.

• لم تقـم زوجـة هابل - بعد وفاته - بـأي مراسيم دفن معلنة لجثته، كمـا أنها لم تشر أو تعترف بما حل بجثمانه أو أين دفن.

• ركض هابل وربح إحدى جولات كرة القاعدة (Base Ball) مع أحد الفرق البريطانية المرموقة عندما كان هناك.

أقوال مأثورة:

- لا مجال للنقاش بأن موضوعة (هابل) الفريدة لتمدد كوننا الذي نعيش فيه وتجريده من حالة السكون التي كان يوصـم بها، كانت وبلاشـك قد شـكلت (ولا تزال) إحدى أسـس علم الفلك الحديث، سبقه (كوبرنيكوس) إلى ذلك بنفيه للخصوصـية التي طال مناداة الكنيسة بها ألا وهي مركزية كرتنا الأرضية وموقعها المميز والمقدس في الكون، كما وعملت متناقضـة اولبر (Olber)[1] التي تقول بظلام السماء أثناء الليل على تأكيد ذلك. لقد دفعت فكرة (هابل) الفلكيين لتنشيط أذهانهم ومراجعة حساباتهم لقبول والعمل على وضع النماذج الفعالة المتحركة للكون والتي نتج عنها افتراض عمر محدد له على مسار زمني معين. أما هذا الإنجاز العلمي فلقد تم بفضل الفكرة الخلاقة التي جاء بها (هابل) أصلاً وهي تقدير المسافة الفاصلة بيننا وبين أقرب المجرات المجاورة لنا... ولولاه ما كان.

هوشرا

John P. Huchra. (The Hubble Constant).

مقتطف من كتابه (ثابت هابل).

(1) متناقصة اولبر - Olber's Paradox - سميت باسم الفلكي الألماني الهاوي (هنرخ فلهلم اولبر- Heinrich Wilhelm Olber) الذي وصفها عام (1823). وكان كبلر (Kepler) قد طرحها قبله في عام (1610) وكان (اللورد كالفن) أول من حلها في مقالة له سبق وأن نشرت في عام (1901). أما المرجع العالمي للموضوع اليوم فيها فهو هارسون (Harrison 1987). وتقول بتناقض (ظلام) السماء أثناء الليل مع فرضية الكون اللانهائي المستقر وتؤيدها نظرية الانفجار العظيم. (المترجم).

- لقد وصل هابل وبفضل إنجازاته الفلكية وانتصاراته العلمية إلى قمة الشهرة العالمية حتى ذاع صيته دوليا وذُكر اسمه في الكثير من المحافل العلمية والاجتماعية والفنية. لقد أصبح نجما حقيقيا يضاهي نجوم هوليود شهرة ومكانة بل وصار صديقا حميما خلال أعوام (1930-1940) لكل من الدوس هكسلي (Aldous Hexley) وشارلي شابلن (Charlie Chaplin) - وهلين هيز (Helen Hayes) - و وليم راندولف هارتز (William Randolph Hearts).

ليمونك

Michael D. Lemonick، (The Time 100، Edwin Hubble).

مقتطف من كتابه (الزمن 100 ، ادون هابل).

- خلق الباري عز وجل الإنسان وحباه حواسه الخمس التي تعينه على احساس وإدراك ما حوله، وما حول الإنسان مجال واسع يتراوح ما بين إدراكه لكيانه ولطبيعة حياته اليومية وتفاصيلها وما بين محاولاته لاكتشاف الكون من حوله والتعرف على مكوناته... وفي ذلك مغامرة كبيرة قد يطلق البعض عليها اسم (العلم).

هابل

Edwin Hubble، (The Nature of Science، 1954).

مقتطف من كتابه (طبيعة العلم).

- لقد أدت المسيرة الصعبة الحافلة التي سلكها (هابل) في حياته إلى إخضاع نفسه لعمليات (إعادة اكتشاف الذات) بل وإعادة اختراعها، (إن صح التعبير) بمعنى إيجاد إنسان مختلف تماما عما كان وبشخصية مغايرة كليةً عما وجد نفسه عليها وبعيدة كل البعد عما عاش واعتاد عليه. لقد حدث شرخ عميق في استمرارية حياة هذا العبقري فصل ماضيه عن حاضره، هذا الشرخ الذي نحتته ظروف تطوره الاجتماعي والمالي السريع من إنسان عادي بخلفية الوسط الغربي الأمريكي إلى رمز من رموز الحكمة والثراء الأُسطوريين، ذي شهرة هوليودية طاغية تمتع بها كما تمتع بها أشهر نجومها. ومن معطيات هذا الشرخ (الأليم) نجد أن (هابل) قد تنكر لعائلته وكافة أفرادها وشعر ومارس الترفع عنهم جميعا وعمق

ذلك الشـعور بممارسـات عملية يومية حتى أنه حجب زوجته وعائلتها عنهم ومنع أي تزاور أو اتصال بين العائلتين.

كروبر

William H. Cropper، (Great Physicists).

مقتطف من كتابه (فيزيائيون عظام).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولـد [ادون هابـل (1889-1953) Edwin Hubble] الفلكـي الأمريكـي الـذي اشتهر بنظرياته حول تمـدد الكون في مدينة مارشفيلد (Marshfield) في ولاية ميزدوري الأمريكية لأب متدين اشتغل كموظف في إحدى شركات التأمين، وأكمل دراسته الإعدادية في إحـدى مدارس (ولاية شيكاغو) حيث رويت عنه العديد مـن الأحاكي والأساطير منها تلك التي صاحبت حفلة تخرجه عندما اقترب منه مدير الإعدادية قائلا له:

((يابنـي، يا ادون... لقد راقبتك خلال السـنوات الأربع المنصرمـة عن كثب ولم أرك تدرس لأكـثر من (10) دقائـق في أي مرة قط. توقف ناظر المدرسـة عن التكلم بنبرة الواعظ وأرخى العنان لعضلات وجهه فاستبشرت أساريره وتفتقت تجاعيد وجهه عن ابتسـامة عذبة ارتسـمت على كامل وجهه حيث أكمل... (ومع ذلك فإني وعن يقين قاطع أقدم لك منحتك من المدرسة لإكمال دراستك في جامعة شيكاغو)).

باشـر (هابل) تمتعه بمنحته الدراسية وانخـرط في تعليمه الجامعي وهو بعمر السادسة عشرة في جامعة شيكاغو والتي نال منها شهادة البكالوريوس في الرياضيات والفلك. مارس خلال حياته الجامعية بعض الفعاليات الرياضية والهوايات الصعبة، فأحب ومارس رياضة الملاكمة للـوزن الثقيل وبرع فيها إلى الحـد الذي استمات معه أحد مدربي اللعبـة لإقناعه بممارستها كمحـترف ومنازلة بطل العـالم آنذاك في اللعبة، ولكن نجم (هابل) وطالعـه أبيا إلا أن يختطا لـه مستقبلا أكثر إشراقا وأسمى منزلـة، فاستمر في تحصيله العلمي في كلية (كوينز كولج) في

جامعة اكسفورد البريطانية كأحد طلاب منحة رودس (Rhodes)[1]. أما والده (المتعصب) دينيـا فقد كان من المعارضين الأشداء للكحـول والمسكرات وشاربيها إلى الدرجة التي أجبر ولده (ادون) في أحد الأيام على القسم بألا يذوقهما مادام في بريطانيا.

أكمـل هابل دراسـته في جامعة اكسفورد عـام (1912) ومنح شهـادة البكالوريوس في القانـون والمحاماة، وفي العـام التالي (1913) فتـح مكتبا له لممارستهمـا في ولاية كنتاكي (Kentucky) إلا أن القصص تضاربت بشأن حقيقـة ممارسته لمهنتـه خلال تلك الفترة مـن حياتـه، فلقد ذكـر (بل برايسون – Bill Bryson) في كتابه: ملخص لتاريخ كل شيء (A Short History of Nearly Everything) ما يلي:

((لقـد حبا الله هابل العديد من المواهب العظيمة، ومن سـوء الحـظ أن تكون موهبتـه (ككـذوب متمرس) مـن بينهـا، فعلى رغم ادعائه بأنه كان قد مارس المحاماة في مدينة (كنتاكي) خلال معظم العقد الثاني من القرن العشرين، إلا أنه في الحقيقة كان قد قضاها كمدرس مغمور دائم البحث عن بعض طلبة الإعداديـة ليذاكـر لهـم دروسـهم لقـاء درايهمات معدودة، وتدريب آخرين على لعبة كرة السلة في (مدينة الباني الجديدة) في ولاية انديانا (New Albany، Indiana))).

أمـا الكاتب روكي كولب (Rocky Kolb) فقـد كان أكثر دبلوماسية ولياقة في وصف تلـك الفترة الغامضة من حياة (هابل)، فلقد جـاء في كتابه (Blind Watchers of The Sky) ما يلي:

((بعد ثلاث سنوات قضاها في جامعة اكسفورد في بريطانيا عاد (هابل) إلى بلدة لويزفيل – كنتاكي (Louisville، Kentucky) في أمريكا وهي البلدة التي انتقلت إليها

(1) منحـة رودس الدراسية – Rhodes Scholarship – أسست عام (1902) حسب وصية (سسل جون رودس – Cecil John Rhodes) وفُعّلت في عام (1904). وتمكن هذه المنحة الحاصلين عليها من الدراسة لمدة سنة أو اثنتين أو ثلاثة في جامعة اوكسفـورد البريطانية وتغطي كافة مصاريف الدراسة والمعيشة. تمتع بهـا إلى الآن 7000 طالب بقي حي منهم 4000 وتعتبر منحة (كندي) التي بدأت منذ عام 1966 النسخة الأمريكية لها. (المترجم).

عائلته خلال فترة دراسته في بريطانيا، ولكن بدل أن يستعد ويمارس المحاماة فعلا شأنه شأن كافة الحائزين على منح (Rhodes) والذين درسوا القانون وتدربوا على ممارسة المحاماة، فقد آثر (هابل) أن يختار مهنة أخرى أكثر نبلا وتأثيرا في حياته وفي حياة من حوله - ولو لفترة محدودة من الزمن - فقرر ممارسة التدريس الإعدادي)).

نال (هابل) إجازته في المحاماة ومارس التدريس، كما أحب الملاكمة وبرع فيها في أثناء فترة دراسته في (جامعة اكسفورد) وحتى بعد أن عاد للولايات المتحدة. وبما امتاز به من تقلب فقد آن الأوان ليجرب حظه في مهنة جديدة أخرى فذهب في عام (1914) إلى مرصد ياركيز (Yarkes Observatory) التابع لجامعة شيكاغو حيث ركز جهده ووقته لدراسة الفلك والنجوم واستطاع أن يثبت كفاءته في هذا المجال حتى تمكن من انتزاع شهادة الدكتوراة في الفلك عام (1917) منها.

لقد كانت الولايات المتحدة على وشك دخول الحرب العالمية الأولى حين تم تجنيد (هابل) واستطاع الارتقاء إلى رتبة رائد في الجيش. ولما عاد عام (1919) بعد انتهائها أراد استعادة شغفه بالمراصد والفلك فالتحق بمرصد جبل ولسون الأمريكي (Mount Wilson Observatory) وشرع بدراسة السدم (Nebulae) وهي عبارة عن تجمعات من الغبار الكوني والغازات التي تعمل على (سد) الفراغ الكائن بين المجرات والنجوم وغالبا ما كانت ترى على شكل بقع مضيئة ساطعة في كبد السماء المظلم. وهناك ومن على مرصد (قمة جبل ولسن) الباردة توصل (هابل) إلى اكتشافه الفريد ؛ وهو أن الكثير من تلك السدم لم تكن لتنتمي إلى مجرتنا (الطريق اللبني) وإنما تقع خارجها واستطاع أن يسمو بخياله ويطور من قدراته وحساباته العالمية الفلكية ليدرك بأن تلك السدم لابد وأن تكون مجرات بحد ذاتها وأن لكوننا الذي نعيش فيه امتدادات لابد لأذهاننا من الاتساع والتنامي لإدراك وجودها أولاً، وتقييم بُعدها وضخامتها ثانية.

كتب ميشيل د. ليمونيك (Michael D. Lemonick) في مجلة (Time) ما يلي:

((لقد بلغ يقين علماء وفلكيي العشرينيات من القرن العشرين مداه بتصورهم واعتقادهم

الجازم بأن كوننا العظيم بكامله لابد وأن (يوجد) وأن لا يتجاوز مجرتنا الأثيرة التي أطلق عليها ومنذ القدم اسم (الطريق اللبني أو درب التبانة) وهي - كما سبق وصفها - المجموعة الدائرية الحلزونية الشكل والحاوية على بضعة آلاف الملايين من النجوم والتي يبلغ قطرها بضعة مئات الآلاف من السنين الضوئية، ولكن العيون المتطلعة والمصرة على اكتشاف المزيد من الحقيقية والنظرة العبقرية الثاقبة المنطلقة من على (قمة جبل ولسون) الباردة في كاليفورنيا الجنوبية، مع ما اختمر في ذلك الذهن المتوقد والفكر الجسور في رأس هابل أدركت أن فكرة كون مجرتنا (العظيمة والوحيدة!) مجرد ذرة متواضعة ومجرة مغمورة وجدت ضمن بحور ملايين المجرات الأخرى التي تكون تشكيلة أكبر بكثير مما سبق تخيله أو توقعه عند النظر لسماء كرتنا الأرضية المتواضعة، لابد وأن ترى طريقها إلى النور والقبول علميا في يوم ما.. وهذا ما حدث فعلا)).

تمكن هابل في عام (1925) من تصنيف السدم والمجرات استنادا إلى أشكالها ومقادير لمعانها وتمكن من إرساء الفكر العلمي القائل بأن للمجرات أشكالا حلزونية دوارة متشابهة، تمتلك جميعها بؤرة مركزية واحدة تمثل مركزا لدورانها وأن هذا المركز ما هو إلا تموضع كثيف لأعداد هائلة من النجوم تمثل نقطة جذب هائلة تدور حولها كافة النجوم التابعة لأي منها، وأن في الكون من تلك المجرات العدد الهائل المقارب (لعدد حبيبات الرمل على ساحل بحر ممتد). ومن خلال ملاحظاته ودراساته للمجرات تمكن من ملاحظة وإثبات حقيقة ابتعادها عنا وعن بعضها البعض واستطاع أن يثبت أن للمجرات البعيدة خاصية الابتعاد بسرع أكثر بكثير من المجرات القريبة. ولابد لنا هنا من الإشارة إلى ألمعية وعبقرية هذه الفكرة والإشادة بواضعها إذ إنها قد شكلت منعطفا مهماً وخطيرا في تاريخ العلوم بصورة عامة وعلم الفلك على وجه التحديد، إذ لم يتشكل فهم الكون وتصرفه في ذهن الإنسان العالم وإلى حد تلك النقله، إلا بحالة ستاتيكية ثابتة، ككون مكون من مجرة واحدة تضمن آلاف الملايين من النجوم وكل نجم يحتفظ بكواكبه تدور حوله... وكفى!.

أما الجديد الذي جاء به هابل فهي فكرة (بل حقيقة) ميل الكون إلى التوسع والتمدد نحو

الخـارج وأن نسبة ازديـاد سرع ابتعاد المجـرات عن بعضها تعتمد وبمـا لا يقبل الشك على زيـادة المسافـات الفاصلة بينها. لقد كانت جهود (هابـل) وحساباته – على دقتها في وقتها ووفـق المعطيات التي توصل إليهـا – تدعو حقا إلى الدهشة والاحـترام رغم الحقيقة القائلة بخطئهـا – حسابيا ولكـن لا من حيث المبدأ – فلقد أخطأ (هابـل) بوضع قيمة ثابتة، الأمر الـذي أدى إلى استنتاج وضع عمر افتراضي للكون أقل بكثير من عمره الحقيقي وجعله يبدو أكـثر (شبابا) من حقيقته، إلا أن القياسات النجمية والحسابات الفلكية اللاحقة أثبتت صحة نظريته واستطاعت أن تضع قيمة أكثر دقة وأقرب إلى الحقيقة لثابته المسمى باسمه.

جاء في كتاب (ثابت هابل) لجون هوشرا (John Hushra) ما يلي:

((لقـد نال (هابـل) شرف أولوية الإعـلان عن حقيقة تمدد الكـون في عام (1929). والذي كان قد سجل به سبقا فلكيا عالميا عظيما قل نظيره، رغم الحقيقة الثابتة القائلة بأن العديد من الابحاث المنشـورة لكل من جورجس ليمتر (Georges Lemaitre) و هـ. ب. روبرتسون (H. P. Robertson) كانت قد سبقته في محاولة استعمال معلوماته المنشورة لإيجاد العلاقة بين مقادير إزاحة المجرات والمسافات الفاصلة بينها. يعود الفضـل لتمكن (هابل) من وضـع اسمه في سـجل الخالدين من علماء الفلك إلى طريقتـه في البحث وإلى اتباعه المنهج النموذجي في الاستقصـاء والقياس للمسـافات الفاصـلة بـين المجرات، كما يعود إليه فضـله في اكتشـاف نوع من (النجـوم المتغيرة) والمسماة بنجوم (Cepheid)[1] في المجرة رقم (M31) والتي تمكن من استخدامها (بعبقرية ملفتة) لحسـاب المسافات، إضافـة إلـى رسـمـه ووضعه للمخططات البيانية التـي تحقق العلاقـة بين المسـافة والإزاحة الأمر الـذي أقنع بواسطته المجتمع العلمي العريض بصحة ما ذهب إليه وبطريقة لا يرقى إليها الشك)).

(1) النجـوم المتغيرة من نـوع (سفيد) – Sepheid Variables – عبارة عن مجموعة تحـوي في داخلها نجم أصغر عملاق (من نـوع I) يمتـاز بدقة علاقة تغيره مع لمعانه بحيـث يمكن اعتباره المنار الهادي للمجموعة التي تضمـه. اكتشفه جون كودرك (John Kodrack) في عام (1784). ووصفته رياضيا هنريتيا سوان ليفت (Henrieta Swan Levit) في عام (1912). (المترجم).

مثل (الثابت الكوني – The Universal Coustaut) أحد ابتكارات (اينشتين) العلمية الفذة، أما قصة هذا الثابت فتعود إلى طبيعة تصرف نظريته في النسبية وإلى ما أفضى إليه به علماء وفلكيو تلك الحقبة من حقائق رياضية ونتائج رصد كونية. فمن ضمن نتائج النظرية النسبية، وجود حالة انحدار للكون (بما فيه) إلى حالة حركية قد تكون بمعنى ابتعاد مكوناته ومجراته بعضها عن بعض. تلك الظاهرة التي لابد أن تحدث بصورة (تعجيلية) بقيمة تكبر أو تصغر حسب أحجام مجرات الكون والمسافات الفاصلة بينها. ولكن لما كانت علاقة اينشتين بالفلكيين قد توطدت عبر السنين السالفة لسببين أولهما لعلاقة نظريته في النسبية بقوى الجذب والشد ما بين مجرات الكون وثانيهما لحاجته الماسة لسند علمي تثبته الاكتشافات العلمية والأرصاد الفلكية، إذ لا معنى (لنظرية) فائقة العظمة والجودة دون أن يكون لها صدى ملموساً ونتائج مفهومة في الواقع المختبري المحسوس.

جاهد (اينشتين) لوضع مثل ذلك الثابت لأن فلكيي تلك الحقبة كانوا قد أصروا على أن الكون لا يمثل إلا حالة ساكنة تتحرك مكوناته داخله برتابة معلومة أكيدة دون زيادة أو نقصان، ولهذا فإن في وضع مثل ذلك العامل في معادلاته كان من شأنه أن يؤكد مصداقيتها ومطابقتها للواقع ويرفع من شأنها العلمي وذلك بأن يتصرف (كثابت كوني) مضاد للجاذبية يعادل أثرها ليمنع انكماش الكون نظريا بالنظر لعدم انكماشه حسب نتائج وإحصائيات الفلكيين عمليا.

ولكن ما أن علم (اينشتين) بموضوعة (هابل) واكتشافه بأن الكون يتكون في الحقيقة من ملايين ملايين المجرات ومجاميع المجرات التي ما فتئت تتباعد عن بعضها البعض منذ نشأته الأولى، حتى قرر التوقف عن جهده في صياغة مثل ذلك (الثابت الكوني) والذي سبق أن فكر بوضعه ليحول الكون الذي تتوقعه نظريته النسبية (وهو كون متحرك فعال امتدادا أو انكماشا) إلى كون هادئ ساكن لا مكان فيه إلا للحركة الداخلية النسبية بين أجرامه وشموسه. ولقد اعترف اينشتين نفسه فيما بعد بأن تفكيره وعمله على ابتكار ومحاولته لوضع مثل ذلك (الثابت الكوني) كان من أعظم أخطائه النظرية بل ومن شطحاته (الغبية) التي أوشك أن يقع بها.

ورغم عدم ثقة (هابل) أو تأكده من وجود، فضلا عن صحة النموذج المتمدد للكون الذي

اقترحه، إلا أن الفضل الكبير يعزى له ولمعادلاته ورسومه البيانية التي مكنت كلا من[جورج كامو (George Gammow 1904–1968] و[فريـد هويل (Fred Hoyle (1915–2001] من وضع النموذج المقبول لنظرية (الانفجار العظيم – The Big Bang) المعروفة للكون.

لقـد بلغ جموح (هابل) ووطنيته مداهمـا يوم أصر في عام (1942) على التطوع للحرب في الجيشـ الأمريكـي، إلا أن وزارة الدفاع، وقد علمت بمكانته العلميـة المرموقة وإنجازاته واكتشافاته الفلكية الفذة آثرت إلا ان تعينه كقائد لسلاح الصواريخ ومن ثم رفعته إلى منصب المشرف الأعلى لمختبرات أنفاق الهواء في ولاية ميريلاند.

لقد عاش (هابل) حياة حافلة بالإنجازات والشطحات والتنقلات بين العديد من الوظائف إلى جانـب ولعه الشديـد في دراسة الفلك وصياغة قوانين تصرف المجـرات، إلا أن الجهود والضغـوط التـي كان قد عرض لها نفســه إضافة إلى عوامل كثيرة أخـرى كانت السبب في إصابتـه بمتاعـب جمة في القلب الأمـر الذي طوى به صفحات حياتـه، وكتب خاتمة سفره بإصابته بجلطة دماغية سارعت بإسدال الستار على قصة حياته الحافلة وانتقاله إلى جوار ربه وذلك في أحد أيام عام (1953). أما زوجته – ولسبب لم يعرف لحد الآن – فلم تفصح عما آل إليه جثمانه، فهي لم تجر أي مراسم دفن له، كما أنها لم تدع أحداً لحضور جنازته، ولذلك فإني على أتم اليقين بأن موقع رفاة هذا العبقري كان وسيظل مجهولا إلى الأبد.

وتخليـدا لذكرى هذا العالم الفلكي الجليل فقـد تم إطلاق اسمه على إحدى فوهات القمر وهي بقطر (85 كيلومترا). هذه التسمية التي تمت المصادقة عليها من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيـين العالميين في عام (1964). لقد ترك لنا هابـل إضافة لما اشتهر به، تراثا علميا غزيرا تمثل بإطلاق اسمه على أو مصاحبته للعديد من النظريات الفلكية والثوابت والأجهزة، ولقد أحصى الكاتب سانداج (Sandage) كل تلك التسميات ونشرها في مناسبة احتفالية مولده المئويـة والتي تكونت في الحقيقة من قائمة طويلة مدهشة من مختلف الإنجازات والمواصفات والمعـادلات والأجهزة ضمت طيفـا علميا يندر أن يصاحب اسم أي عالم غيره وقد يدهشك الاطلاع عليه كما أدهشني، فلقد كتب (سانداج) يقول:

((لقد ارتبط اسم هذا الفلكي بفيض مترام من الإنجازات العلمية فهناك: مجال هابل للممانعة (Zone of Avoidance)[1]، ومجرات بمواصفات خاصة تعرف بمجرات هابل كما يوجد تتابع (Sequence) هابل وقانون لمعان هابل للسدم العاكسة ومجالات لمعان هابل للمجرات من نوع (E)، وثابت هابل وزمن هابل ونموذج (Diagram) هابل وعلاقة هابل للانحراف الضوئي المرئي الأحمر ونصف قطر هابل للكون وأخيرا المرقاب الفضائي الهائل المعروف باسم (مرقاب هابل)[2] في مداره حول الأرض)).

ولعل من اللائق بل من الواجب علينا هنا وبمناسبة احتفاليتنا بمئوية ميلاد (ادون هابل)[3] أن نستذكر بكل العظمة والاحترام والخشوع هذا العالم الفذ والإنسان الرائع الذي نال وبحق لقب (الفلكي العظيم) ذلك اللقب الذي سبق وأن منح لعلماء أفذاذ عظام كانوا منارات للعلم والفيزياء والفلك في تاريخ البشرية من أمثال (غاليليو) و(كبلر). ذكر كل من (الكسندر أس. شاروف – Alexander S. Sharov)، و (ايكور د. نوفيكوف – Igor D. Novikov) في كتابهما (ادون هابل) هذا العالم وإنجازاته الفذة بفخر واعتزاز فاقا الوصف ونعتاه بخصائص وصفات قلما قيلت أو تقال بشأن عالم مهما علت منزلته، فلقد أثر هابل على تفكير وحياة العديد من الفلكيين والعلماء ودفعهم إلى اتخاذ منحاه أساسا للانطلاق فكريا وعمليا نحو اكتشاف الكثير والكثير من أسرار الكون.

((لقد طرق هابل باب الكون الجديد ففُتح له عن مجرات جديدة وسدم عديدة فكان أول من تقدم موكب العلم والعلماء لولوجه.. كان ذلك حينما تمكن من إثبات أن تلك السدم والمجرات والتي تقع خارج مجرتنا الأثيرة – درب التبانة – ما هي إلا تجمعات

(1) Zone of Avoidance (ZOA): وهو المجال الفلكي المحجوب عن المراقبة البصرية والراديوية من قبل مجرتنا (درب التبانة) ذاتها. (المترجم).

(2) مرقاب هابل الفضائي – The Habble Space Telescope – هو أحد التلسكوبات الفضائية ولكنه أكثرها قابلية وتنوعاً. يسمح بدراسة السماء وتصويرها بدقة بدون أي خلفية ضوئية. يزن 11،110 كيلوغرام وأطلق إلى المدار عام 1990 بعد العديد من المصاعب والمشاكل وسيستمر في عمله حتى عام 2014 – (المترجم).

(3) هو [ادون هابل (Edwin Powell Hubble (28، Sep.1953 - 20، Nov.1889)]. (المترجم).

نجمية ومجرات لولبية قائمة بذاتها تشابه ولحد كبير مجرتنا ذاتها بنجومها ومجاميعها الشمسية، ومع أهمية ذلك الاكتشاف إلا أن الأهم والأكثر تأثيرا على تصورنا وتصور العلماء لواقع الكون الذي نعيش فيه كان إثباته لوجود ظاهرة الزيغ اللوني النجمي في طيف اللون الأحمر للضوء المنطلق من المجرات والسدم البعيدة والواصل إلى الأرض.. بمعنى أن الكون كان أصغر حجما وأقل عمرا قبل طرق (هابل) لبابه، ولكن بعد الوهلة الأولى تبين أن للكون حقيقة مغايرة تماما عما سبق تصوره، فهو كون ثوري متغير مترام بأكثر مما في استطاعة هذه الكلمة استيعابه وقد تغير إلى الدرجة التي سمح بها لوجود الإنسان وتطوره على الأرض. وبسبب كل هذه الحركية وهذا التحول لا يكاد أحد يشك اليوم بوجود حضارات أخرى في أرجاء هذا الكون المترامي سواء في هذا الركن أو ذاك. ولهذه الأسباب ولكثير غيرها نجد أن مطاف ومنزلة (هابل) قد رُفعت من قبل كافة العلماء والفلكيين إلى المنزلة الموازية لمنازل كوبرنيكوس وغاليليو غاليلي)).

أكد (جون كريبن – John Gribbin) مؤلف كتاب (مولد الزمن– The Birth of Time) حقيقة كون (هابل) مكتشفا ومراقبا دقيقا أكثر من كونه رجلا عني بوضع النظريات أو تخيلها حين كتب قائلاً:

((لم يشأ ولم يساهم (هابل) حقيقة بوضع أي نظرية تخص الفلك أو الكون أو غير ذلك من المواضيع أبدا، رغم العلاقة الوثيقة التي وضعها مؤرخو علم الفلك اليوم بين اسمه وبين نظرية (الانفجار العظيم – The Big Bany Theory).

لقد اختار أن يكون فلكيا مراقبا واجتهد على تسجيل وتدوين ملاحظاته بالدقة التي توفرت لديه، فهو لم يعر اهتماما لأي نظرية ولم يسجن ذهنه ولا تفكيره ضمن أي حدود ولم يحاول قوقعتهما ضمن أي نظرية معروفة سلفا أو أخرى يتوق إلى وضعها لاحقا، فلقد قرر وبثبات ترك ذلك لآخرين دونه.. وقد نجح في ذلك أيما نجاح. ولعل اعتداده بنفسه وبمعطياته لم يتجاوز فقط حقيقة إهماله لما وضعه غيره من نظريات وإنما انعكس أيضا على شخصيته وتصرفاته فكان دائم المبالغة بمستواه الاجتماعي، فبرغم تواضعه

المعروف في مجال الفلك، إلا أنه كان نادرا ما يفوت فرصة سانحة أو مناسبة طارئة دون الإشادة بمنجزاته وأعماله خارجه)).

وفي مقالة أخرى أيد (برايسن– Bryson) التقييم النفسي والعلمي لـ (هابل) والذي كان قد ذهب إليه (كربن – Gribbon) حين كتب يقول:

((نعـم، لقـد فاق (هابل) المراقـب في إمكانياته (هابل) المفكر، فهـو لم يتمكن فورا من تقدير قيمة وتصـور إمكانية تطبيق ما اسـتطاعت أرقامه ورسـومه مـن التنبوء به. لقد مـرت الأيـام وتراكمت المعطيات و(هابـل) منهمك في مراقباته وتسـجيلاته دون أن يظهر أي ميول أو إمكانية – ولو ضـئيلة – لاحتمال صـياغة معطياته وأرقامه شـديدة الأهمية على شـكل نظرية تعرف باسـمه رغم توفر كـل الحظـوظ التي كان بالإمكان أن توصـله إلى ذلك. ولكن على العكس فقد شـاءت الأقـدار أن تنقاد المعطيات التي سـجلها (هابل) وعمل على تنظيمها لأحد الزاهديـن البلجيك (وهو جورجس ليمتر - Georges Lemaitre) والحائز على جائزة الدكتوراه من معهد مساجوسـت (MIT) للتكنولوجيا لتصـميم وإطلاق نظريته التي خلطـت علم الفلك ونثرته نثرة واحدة مشـابهة لانطلاق الألعاب النارية ليلة عيد الاستقلال، والتي جاءت بموضوعه إن الكون كان قد بدأ كنقطة هندسـية انفجرت كبقعة ثم كحلقة ضـوء صـارت كرة لاتزال وستظل تمتد وتمتد منذ إذن وإلى الأبد)).

ولعـل من الملائم هنا وقبل أن أختتم هـذا الفصل الشيق الحافل والذي خصص (لهابل) أن أشير إلى أن مفهومنا العلمي والفلسفي حول الكون وكيفية نشوئه وهيئته وما سيؤول إليه كان قد تغير تغيرا جذريا خلال القرون الأربعة المنصرمة.

لقـد آمن الكثيـر مـن المفكريـن والدارسـين إبـان حقبـة [غاليليـو غاليلي Galileo Galilei –(1564–1642)] بـأن الأرض هي مركز الكون وهي بذلك لابد وأن تشكل مركز الخلق والخليقة (كيف لا وقد وجد الإنسان عليها!؟) ولكن هذه النظرية الجذابة الرائعة – في عقـول علماء وعامـة القرون الوسطـى – سرعان ما ذبلت وتلاشـت كهشيم الأرض

تذروه الريـاح وأخلت موقعها لنظريات أخرى تقول بمركزية الشمس وريادتها للكون فهي أكـبر، ولما تلاشت هذه النظرية أيضا وخفُت ضياؤهـا، تم استبدالها بالمجرة كمركز مرموق للكون فهذه ولاشك أكبر. أما اليوم فيدرك آلاف الدارسين والباحثين والعلماء وحتى الهواة، وبفضـل العديد من المراقب الفضائية بأن مجرتنا المسمـاة (الطريق اللبني) ما هي إلا باب فُتح على العديد والعديد من النجوم بأنواع وأشكال وأطياف مختلفة تلاشت معها قدسية شمسنا العزيـزة واختزلـت إلى مجرد نجمة متواضعة صفراء ذات شعـاع متواضع تحتل مكانها ما بين حـوالي (200) بليون نجمة تكون مجرتنا التي يمكن أن توصف بالصغيرة مقارنة بما في الكون من مجرات عملاقة قد لا تُقارن مجرتنا حجماً ولا طاقةً بها.

لقـد شرحت في كتابي (نجـوم السماء) ما يعنيه مبدأ مركزية مجرتنا في الكون والذي يعكس نفس المفهوم والمنزلة التي سبق وأن احتلتها الشمس والأرض من قبلها في تطور الفكر الفلكي الإنساني، أما الآن فقد آن الأوان وفي بداية القرن الواحد والعشرين أن ندرك بأن هذا المبدأ أو هذه الحقيقة التي ألحقت بمجرتنا ما هي إلا نقطة صغيرة أو درجة من درجات المركزية التي اعتز الفكر البشري بوضع نفسه وما يعتقده فيها كسابقاتها عبر العصور. ولكن هذا المبدأ ما لبث أن تهـاوى كسابقيه في عشرينيات القرن الماضي على يد (هابل) الذي أثبت (وبما لا يقبل الشك الآن) بأن مجرتنا لا يمكن أن تكون الأولى ولا الأخيرة في هذا الكون المترامي دائم الاتساع[1].

وكخلاصـة لعظمة الكون[2] لابـد وأن نقر وفقا لأدق الحسابـات والتوقعات الفلكية بأنه يحتـوي[3] على مجرة واحدة مقابل كل شمس في مجرتنا ذاتهـا، ولابد أمام هذا الحشد الهائل مـن المجرات والنجوم أن نحاول إيجاد العذر اللائق لعلمـاء وفلكيي القرون الأربعة الماضية

(1) والـذي مـا فتئ يشع حتى نطق بالآيات التي تعكس عظمة موجده وخالقه جل وعلا وسيظل يسبح له. ﴿والسماء بنيناها بأيد وإنا لموسعون﴾ سورة الذاريات، آية(47). (المترجم).

(2) ناهيك عن التفكير بعظمة خالقه (سبحانه وتعالى).(المترجم).

(3) الكـون المرئي - The Visible Universe - ونعني المحسوس بـه ضوئيا وراديوياً ناهيك عن وجود الكون (غير المرئي) والذي أمكن التوقع بل والتأكد من وجوده بتأثير جاذبيته على بقية الكون والذي سمي بالمادة السوداء والتي يعتقد أنها تشكل حوالي 75% من مجمل الكون المدرك حاليا.(المترجم).

والذين لم تتعد قابلية أذهانهم حقيقة تصور الأرض (ومن بعدها الشمس) إلا كساكن وحيد في الكون، ولو أنهم كانوا قد علموا ما علمنا لاختلطت عليهم مفاهيم الكون وأسرار السماوات. ولعلي أرى من خلال معطيات القرون الأربعة الماضية، وتطور العلوم وعلوم الفلك خلالها... أن ما سيبديه الكون من عظمته لذهن الإنسان خلال القرون الأربعة القادمة لابد وان يفوق ما سبق وأن أبداه له في قرونه الأربعة السابقة على الأقل فيما يخص التغيير الجذري الذي ستشهده نظريات بناء ونشوء الكون ذاته. لقد انقرضت وماتت الواحدة تلو الأخرى كل الأفكار المركزية التي نادى بها وأثبتها (رياضيو) العقل البشري على مر العصور[1]، وعلى علماء المستقبل أن يحتاروا لـ (ضحالة وخطأ) عقول وحسابات علماء وقتنا الحاضر...!!.

أما سبب ظهور وأفول النظريات والأفكار العلمية والفلكية منها على وجه الخصوص فيعود في الأصل إلى سببين: تطور الذهن البشري من الناحية الفكرية النظرية من جهة وتطور التقنية وتكنولوجيا الصناعات من جهة ثانية الأمر الذي أدى إلى تفتق الأول عن أفكار واختراعات وآلات ووسائل أمكن تحقيقها بالتكنولوجيا المتطورة أدت إلى إمكانية سبر أعماق جديدة في الفضاء حولنا وتصويرها واستنباط خرائط كونية جديدة لها. ولعل على رأس التوقعات الثورية القادمة هي فكرة إزاحة المركزية حتى على كوننا الحالي (والذي لم نتمكن لحد الآن - ولو نظريا - من إدراك منتهاه)، وبما يمكن أن يتوفر لدينا من معلومات خلال هذا القرن الجديد (القرن الواحد والعشرين) فلا أشك في أن فكرة مركزية الكون الذي نعيش فيه وبأنه يشكل كل ما في الكون الرحيب، لابد وأن تخلي موقعها لفكرة جديدة أخرى مفادها وجود أكوان أخرى تشاركنا الوجود[2]... والتي قد لا ندركها خلال فترة حياتنا خلال العشرين أو الثلاثين سنة القادمة.

---

(1) لقد أوشك أن يصبح من المسلمات (على الأقل خلال حقبتنا الزمنية هذه) ومن أجل حل معضلات تتعلق (بالنيترينو) وتطبيقات نظرية الأوتار The String Theory لتفسير نشوء الكون أن يفترض وجود أبعاد تفوق البعد الرابع (قد تصل إلى 11 بعدا وأن يفترض وجود عوالم واكوان موازية لا حصر لها لكوننا الذي نعيش فيه وتساعد مثل هذه الحلول الرياضية على تفسير دقائق نظريات الفلك الحديثة أو لتحديث نظريات النسبية والكم لتطابق توقعات عوالم لم يسبق التفكير بها كالثقوب السوداء وحافات الكون أو حتى لتوحيد قوى الكون المتناقضة كالجاذبية الكبرى (بين الكواكب والمجرات) والجاذبية الصغرى (ما بين جسيمات الذرة الواحدة) ضمن نظرية موحدة واحدة. (المترجم).

(2) Multiverse(s). (المترجم).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Bryson, Bill, *A Short History of Nearly Everything* (New York: Random House, 2003).

Christianson, Gale E., *Edwin Hubble: Mariner of the Nebulae* (Chicago: University of Chicago Press, 1996).

Gribbin, John R., *The Birth of Time: How Astronomers Measured the Age of the Universe* (New Haven, Conn.: Yale University Press, 2001).

Hall, Stephen, *Mapping the Millennium* (New York: Random House, 1992), p. 21.

Huchra, John P., "The Hubble Constant," Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics; see cfa-www.harvard.edu/~huchra/hubble/.

Kolb, Rocky, *Blind Watchers of the Sky* (New York: Basic Books, 2006).

Lemonick, Michael D., "The Time 100: Edwin Hubble," *Time*, March 29, 1999; see www.time.com/time/time100/scientist/profile/hubble.html.

Livio, Mario, "Hubble's Top 10," *Scientific American*, 295(1): 43–38, July 2006.

Pickover, Clifford, *The Stars of Heaven* (New York: Oxford University Press, 2001).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

- تعتبر الرياضيات – كلغة للتعبير و صياغة قوانين الفيزياء هبة مدهشة لبني البشر، لم ولن يفهموها... وهم أصلا لا يستحقونها! ولعل خير ما يجب القيام به هو البقاء أوفياء شاكرين لها وأن تبقى معنا صالحة نافذة لتعيننا على ما يخبئه لنا المستقبل من أبحاث، داعين لها بالاستمرار والتطور سواء نحو الأفضل أو نحو الأسوأ فقط لننعم بالسعادة.

واكتنر

Eugene Wigner، (The Unreasonable Effectiveness of Mathemetics).

مقتطف من كتابه (الكفاءة - غير المبررة - للرياضيات).

- إن اعتقاد الأطفال بأن سنهم اللبني سيستبدل بآخر دائمي عند رميه نحو الشمس حقيقة كما أن قوانين الفيزياء التي ندرسها ونستخدمها حقيقة. إن قوانين لعبة كرة القدم حقيقة شأنها شأن الصخور التي نراها في الحقل المجاور لمنزلك فهي حقيقة أيضا. ولكن عليك أن تعلم بأن الحقائق الأربع التي ذكرتها (حقيقية) ولكن بطرق مختلفة.

ما أعنيه هنا هو أن حقيقة قوانين الفيزياء كحقيقة يشابه جوهر وجود الصخور كحقيقة فكلاهما

موجود كائن اجتهد الإنسان لتصور طريقة تصرفه ونجح في ذلك، كما أن كلا الحقيقتين السابقتين تختلفان جوهريا عن حقيقتي قوانين كرة القدم وأسطورة السن اللبني، تختلفان من ناحية أن المجموعة الأولى لم توجد من قِبل الإنسان فإنهما كانتا قبله وستظلان بعده بعكس الأخيرتين اللتين أوجدهما الإنسان بنفسه.

ما أريد الوصول إليه هو أن قوانين الفيزياء، شأنها شأن الصخور عبارة عن حقائق معروفة بالدلالة أي أنها تعبير (حقيقي) لحقيقة موجودة أصلا، وإذا ما حدث يوما ما وأن اكتشفنا أي حضارة عاقلة أو مخلوقات منطقية ورياضية التفكير على أي من الكواكب النائية واستطعنا بطريقة ما من ترجمة أعمالها العلمية إلى لغاتنا المفهومة، فلابد حين ذاك أن نكتشف أن قوانين (فيزيائهم) بما أنهم يسكنون كوننا الحالي المشترك مهما بعدوا عنا وبأي شكل تجسدوا لابد وأن تكون ذات قوانين (فيزيائنا) نحن، وهذا ما أعنيه بـ(الحقيقة الموضوعية) التي تشمل الكون بأسره.

واينبرك

Steven Weinberg، (Sokal's Hoax)، The New York Review of Books، August 8، 1996.

مقتطف من كتابه (خُدع سوكال).

- نحن (نرى) الحقيقة كما تُصورها لنا (أفكارنا) وبناء على ذلك فلابد (لأفكارنا) أن تشارك، وعلى طول الخط بإعطاء الشكل والخصوصية والتصور الذاتي (لأنفسنا) وللحقيقة ككل من خلالها وهي التي تضعها أمامنا – وببساطة – (كفكرة).

والآن هل تعلم (الفكرة) حقيقة ما تقدمه لنا من تسهيلات وما لها علينا من فضل؟... بالطبع لا! فالفكرة شيء (مجرد)، هي عمل أو فعالية أو تفاعل يقوم بها الدماغ وتنتج عنه وهي بذاتها لا تفكر (ولا تعتقد) أنها تقوم بأي شيء لنا أو لغيرنا! وهنا باعتقادي يوجد مكمن الصعوبة، فلابد لنا أن نتوصل إلى الإدراك الملموس ونشعر ونتطور إلى الحد الذي يمكننا من إدخال (الفكرة) ذاتها إلى منظومة الحقيقة وألا ندعها تحوم حولنا فقط كعنصر مجرد (نفكر به) وإنما أن تكون فكرة بمعنى عنصر (نفكره) بذاته! والآن هل عرفت الفرق بين (الفكرتين)؟ وهل فهمت ما أعنيه بالضبط؟!.

بوم

David Bohm، (On Creativity).

مقتطف من كتابه (الإبداع).

- مـا الكون؟!.. الكون هو الفضـاء الخارجي، هو المكان الأمثل والأصـلح كمختبر للفيزياء الفائقة، الكـون نافذة للاطلاع على نهايات ما يمكن أن تكون عليه الأجواء والأحوال والمسـافات، وما يمكن أن تبلغه الحرارة من درجات خيالية (زيادة أو نقصـانا) والكتل من قيم نهائية والضـغوط من مناسيب فلكية والتـي غالبـا مالا يمكن لأي مختبر على الأرض من مجاراتها، أو على الأقل ليس بالسـهولة التي في متناول الجميع. ولعل من المدهش أن نستنتج أن كمية جسيمة ومقدارا هائلا من العلوم التي نفهمها ونعتمد عليها اليوم كانت قد نشـأت كحلول لمشـاكل فضائية فلكية. أما ما يخص أياً من الاكتشافات العظيمة في مجال العلوم الأساسـية الصرفة والجسـيمات الابتدائية، فقلما يذكر لنا تاريخ العلوم أي توقع ضاف أو تصور شـاف من قبل أي من أولئك العلماء والمكتشـفين لنتائج وتأثيرات أي من اكتشـافاتهم تلك على أي من أحداث أو ضروريات حياتنا اليومية.

بركمان

William T. Bridgman، (The Cosmos in your Pocket، How Cosmological Sciences Became Earth's Technology)

مقتطف من كتابه (الكون في متناولك).

الباب الثالث

المتنافسون العظام

المتنافسون العظام

(... وفجأة جُمعت أفكار الفلسفة والخيال مع روعة الفيزياء والكمال مضافاً إليهما عرق الكفاح ورعب السلاح. لقد أصبحت ($E = m c 2$) رمزا عظيما (يجمع كافة التطبيقات العلمية) كُتبت بصورة لم يسبق لها مثيل، قبل أن تجد لها في عالم التجارب أي دليل. لقد حوت هذه المعادلة كافة طموحاتنا وآمالنا وأحلامنا لفهم الحقيقة، بل وحتى كوابيسنا عن الدمار وبشاعته ضمن حروف قليلة خطها قلم...)

كاليسون

Peter Galison، (The Soxtant Equation) in Grahem Farmelo's It Must Be Beauliful.

مقتطف من مقالة له مشار إليها في كتاب كراهام فارميلو (إنها لفاتنة! لابد من ذلك!).

(لا أشك مطلقا في قدرة المولى عز وجل على تغيير قوانين الطبيعة وإمكانية خلق عوالم أخرى بأشكال مختلفة وفي عدة أماكن من الكون.)

نيوتن

Isaac Newton، (Questions) From Opticks.

مقتطف من كتابه في (البصريات).

يحتوي هذا القسم من الكتاب على ترسانة عظيمة من القوانين العلمية التي تفخر بحملها لأسماء مكتشفيها، قد يكون بعضها أقل شيوعا من بقية القوانين في متن هذا الكتاب أو أقل شهرة أو استخداما منها، كما أنه قد يحتوي على بعض القوانين الخاصة بالعلوم البيولوجية - الحياتية - والتي حرصت على وضعها فيه. قد تكون بعض هذه القوانين أساسية فعلا ولكنها في المقابل قد تكون أكثر تعقيدا أو أقل بساطة من سابقاتها، كما قد لا تتمتع بعضها بصفة (القوانين) في العديد من المصادر التي تطرقت إليها. لقد استمتعت - شخصيا - بالبحث عن القوانين التي سأسردها فيما يلي، كما استمتعت باكتشاف العشرات من الكتب الشيقة التي عنيت بشرحها ومناقشتها والتي ألحقتُ قائمة قصيرة بها في نهاية هذا الفصل. لقد سردت أكثر من صيغة وذكرت أكثر من تعريف لبعض تلك القوانين استنادا إلى وجهة نظر هذا الكتاب أو ذاك والذي عني بدراسة هذا القانون أو ذاك. وباختصار يمكنني اعتبار هذا القسم مناقشة مبسطة سلسة لبعض القوانين المهمة والتي تختلف بأسلوبها وهيئتها وشرحها عن باقي القوانين التي ضمتها دفتي هذا الكتاب، حيث قصدت أن أجعل منها مجرد نقطة شروع ومنصة انطلاق لنقاش أوسع ودراسة أعمق لها في

كتب قادمة. وكلي أمل أن يسعفني القدر بالوقت الكافي والعزيمة القادرة على إعادة صياغة هذه القوانين ومناقشتها باستفاضة أعمق في المستقبل.

لقد تم اكتشاف القوانين التالي ذكرها – شأنها شأن معظم قوانين هذا الكتاب – ضمن الفترة الزمنية الواقعة ما بين القرنين التاسع عشر والعشرين (1800–1900) من قبل علماء أوربا الغربية على الأغلب، هذا ويلخص الجدول رقم (12) الحصة التاريخية لعدد ونسبة هذه القوانين، كما يوضح الجدول رقم (13) حصة مختلف الأقطار الأوربية منها حسب مسقط رأس مكتشفها أو المكان الذي عاش فيه، ولعلك ستلاحظ أن إثبات انتماء هذا المكتشف أو ذاك قد تخضع لوجهة نظر هذا المصدر أو ذاك سيما إذا كان المكتشف المعني قد ولد في بلد وعاش وعمل في آخر، ولهذا فلا أرى بأساً من اعتبارها مرجعا عاما ليس إلا، أما إذا ما صادف أن وضع أحد المكتشفين أكثر من قانون واحد فقد تم ذكره مرة واحدة فقط.

الجدول رقم 12:

قائمة توزيع المتنافسين العظام حسب أزمنتهم	
الفترة الزمنية	عدد ونسبة القوانين المكتشفة
1700–1600	2 (4.25%)
1800–1700	(4.25%)2
1900–1800	28 (59.5%)
2000–1900	(32.0%)15

الجدول رقم 13:

قائمة توزيع المتنافسين العظام حسب أقطارهم			
القطر	العدد	القطر	العدد
فرنسا	15	النمسا	2
بريطانيا	12	روسيا	2
ألمانيا	10	سويسرا	1
الولايات المتحدة الأمريكية	7	الهنـــد	1
هولندا	3	أيرلنـدا	1
إيطاليا	2	الدنمارك	1

الفصل الأول

قوانين الحقبة الزمنية

(1600 - 1700)

القرن السابع عشر الميلادي

قانون تذبذب مرزن - Mersenne's Law of Vibration

قانون خاص يحكم ذبذبة وتر ما مع طوله ونوع المادة المصنوع منها. اكتشفه رجل الدين والفيلسوف والرياضي الفرنسي [مارن مرزن Marin Mersenne (1588-1648)]

والذي غالبا ما يُكنّى (بأبي الأصوات)، في نطاق الإزاحات الصغيرة - وينص على تناسب **الذبذبة الأساسية لوتر متجانس طرديا مع الجذر التربيعي لتوتره وعكسيا مع الجذر التربيعي لكتلته وطوله.**

تمثل هذه العلاقة السر الكامن وراء براعة صناعة آلة البيانو الموسيقية وتفسر المدى الواسع للأنغام التي يمكن عزفها عليه، ولا تعتمد صناعة أوتار هذه الآلة على تغيير أطوالها فحسب، فقد يؤدي ذلك إلى الحاجة لجعل أطول أوتارها يفوق اصغرها بمئة وخمسين ضعفا وهذا ما لا يمكن تطبيقه عمليا ولهذا يعمد صناعها لاختيار أوتارها من مواد مختلفة وبأوزان وأطوال وكثافات متباينة والتلاعب بقوة شدها على خشبتها حسب قانون (مرزن) وذلك للحد من الحاجة إلى الاعتماد على تغيير أطوالها وحسب للحصول على نغماتها.

[انظر كتاب- العلم والموسيقى- لجيمس جينز (Science and Music)، James Jeans].

امتاز (مرزن) بكونه رياضيا فرنسيا نطاسياً فذاً شديد التدين، آثر ممارسة اللاهوت ودراسته بعمق إضافة إلى كونه فيلسوفا ومنظرا بالأرقام ناهيك عن انضمامه إلى جماعة القساوسة الرهبان. أما أهم ما آمن به (مرزن) ونادى به فهو أن عظمة الله (عز وجل) ما كانت لتتزعزع حتى لو أنه سبحانه كان قد خلق عالما واحدا فحسب، لأنه لابد وأن يكون عالما لا نهائيا بكافة تفاصيله. امتازت بواكير مؤلفاته بطابعها الديني البحت وناقشت أفكارهُ مسائل معمقة دارت حول نفي مفاهيم الشك والإلحاد.

قانون تورشيلي لإفاضة الموائع

TORRICELLI'S LAW OF EFFLUX

[ايفا نجلستا تورشيلي Evangelista Torricelli (1608 ـ 1647)]:

رياضي وفيزيائي إيطالي لمع اسمه كمخترع لمقياس الضغط الجوي (البارومتر أو المضغاط).

نص (قانون تورشيلي) على **أن سرعة إفاضة سائل من ثقب تحت مستوى سطحه تساوي سرعة السقوط الحر لجسم من أعلى سطح ذات السائل إلى مستوى عين الثقب**، فلو فرضنا وجود الثقب في خزان سائل على عمق مقداره (h) من سطح السائل فبإمكاننا حساب مربع سرعة فيض السائل منه بالمعادلة التالية:

$$V^2 = 2\,gh$$

حيث تمثل (V) سرعة الإفاضة

و (g) ثابت التعجيل الأرضي

علماً بأن هذا القانون يفترض إمكانية إهمال تأثير لزوجة السائل المستعمل في التجربة.

أما مقدار الإفاضة أو كمية السائل المندفع خلال فتحة ذات مساحة مقطع معلومة فيحددها القانون التالي:

$$q = a\,v$$

حيث (q) تساوي كمية السائل المندفع خلال فتحة، ذات مساحة مقطع معلومة تساوي (a).

لقد سبق إطلاق اسم (قانون ليوناردو دافنشي) على هذه العلاقة (q = a v)، وقد يعود سبب ذلك إلى حوالي عام (1500) حين ثبت العبقري الايطالي ملاحظته حول ازدياد سرعة جريان تيار الماء في نهر عند وصوله لمضيق في مساره، كما تمكن من مناقشة وإثبات حقيقة أن حاصل ضرب سرعة تيار أي نهر في المساحة السطحية لمقطعة لابد وأن تكون قيمة «ثابتة» عند أي نقطة على مسار جريانه. وتمثل هذه العلاقة حقيقة ضرورية ثابتة ألا وهي حفظ كتلة ماء النهر على طول مجراه بغض النظر عن عرضه أو عمقه. وقد يطلق اسم ثالث على هذه

العلاقة ألا وهو (قانون الاستمرارية) وقد يكتب كذلك على الشكل التالي:

$$a\,V = \text{ثابت}$$

وحسب مقالته المنشورة في عام (1502) والمقتطفة من كتاب (روبرت فلب بندكت – Robert philip Bonedict) المعنون (أسس الحرارة والضغط وأسس قياس جريان السوائل) فقد أمكن إثبات نسبة القول التالي إلى ليوناردو دافنشي:

(لابد لأي نهر – وعلى طول مجراه وخلال زمن ثابت – أن يسمح بمرور كمية محددة معلومة متساوية من الماء خلاله بغض النظر عن سعته وعمقه وانحداره وخشونة قاعه والتواء مساره). ورغم حقيقة أن ليوناردو دافنشي لم يتمكن حينها من صياغة المعادلة الصحيحة لتوقعاته وتقييمه وهي ($q = a\,v$) إلا أن الكثير من العلماء والباحثين الموقنين بعبقريته لم يترددوا بنسبتها إليه. أما الحقيقة التاريخية الثابتة بشأن واضع هذه العلاقة المهمة والمسماة (بقانون الاستمرارية) فتعود إلى الراهب وخبير الموائع الإيطالي (بنديتو كاستيلي (1643 - 1578) Benedetto Castelli) والذي كان قد استطاع فعلا من وضع الصيغة الرياضية لذلك القانون في عام (1628).

ولابد لنا في هذا المجال من الإشادة بكثير من المصادر الأخرى والتي تعزي الاكتشاف الأول لهذا القانون إلى المهندس والمصمم المعماري [العالم الإسكندري هيرو Hero of Alexanderia (10 – 70 A. C.)) والذي عاش في الإسكندرية بمصر خلال الحقبة التاريخية التي أعقبت سطوع نجم (الإسكندر العظيم) والذي كان قد سبق (ليوناردو) و(كاستيلي) بقرون.

لقد درس العديد من العلماء والباحثين تأثير شكل فتحة تصريف السائل وتأثيرها على إزاحة[1] فيض سائله في قانون (تورشيلي) فوجدوا أنه لا يمكن تطبيق هذا القانون على أشكال الفتحات

(1) هامش لغير المختصين: الإزاحة (Velocity) – مصطلح اتجاهي (Vector) يعني السرعة (Speed) باتجاه معين (– Directional Quantity).

المربعة أو عند اكتساب السائل لإزاحات عالية جدا (وذلك بسبب ميله لتكوين الدوامات في مســاره) إلا بعد إدخال التعديلات اللازمة عليه لاستيعاب مثل تلك الحالات الخاصة. (راجع كتاب – تاريخ وفلسفة ميكانيكا الموائع – لـ ج. ا. توكاتي G. A. Tokaty).

لقــد لمع اسم (تورشيلي) مرة ثانية في حقل الرياضيات كما سبق له أن لمع في حقل الفيزياء وذلك عند اكتشافه لما يسمى (بصور تورشيلي)[1]: وهو عبارة عن جسم رياضي يشبه البوق يمكن إحداثه بدوران الدالة التالية حول حول المحور السيني.

$$f(x) = 1/x \text{ for } x \in \text{ of } [1,\infty]$$

لقد شرح جون دي فليس (John de phillis) في كتابه الموسوم (777 رياضيا فصيحا) وبطريقة رياضية فذة ومفهومة إمكانية صب الطلاء الأحمر في (بوق تورشيلي) حتى امتلائه وبإثباته ذلك استطاع أن يطلي داخل البوق (اللانهائي المساحة) بكمية (نهائية) من جزيئات الطلاء. أما اليوم فبإمكاننا فهم حل هذه المتناقضة إذا ما تذكرنا أن (بوق تورشيلي) ما هو إلا جســم رياضي وأن العدد (المحــدود) من جزيئات الطلاء التي صبــت داخله وملأته هي في الحقيقة تقريب رياضي لمجموع النقاط التي تمثل حجمه المحدود.

لقد بُهــر (تورشيلي) باكتشافه لذلك الجسم (الأعجوبــة) ذي الطول والمساحة السطحية اللانهائيــين وذي الحجــم المحدود، وثبتهــا كمتناقضة بالنظر لحقيقة عدم تمكنــه من أدوات

(1) صور أو بوق تورشيلي: Torricelli's Trumpet أو ما يسمى أيضا بصور جبرائيل عليه الســلام (Gabriel's Horn) هــو الشــكل الرياضي الذي ابتدعه (ايفانجلستــا تورشيلي) ذو الحجم المحدود والمساحة اللانهائية والــذي استمد تسميته الثانية من حقيقة نفخ الصور يوم القيامة. أمكن التوصل إلى هذه الموضوعة باستخدام مبدأ كافاليري (Cavelieri's Principle) قبل ابتكار حساب التفاضل والتكامل والتي يمكن استخدامها اليوم لحساب كل من حجم ومساحة البوق ما بين X =1 و X = a عندما يكون a > 1 باستخدام حساب التكامل حيث يمكن حساب حجم البوق V ومساحته A كالتالي:

$$V = \pi \int_1^a \frac{1}{x^2}\, dx = \pi \left(1 - \frac{1}{a}\right)$$

$$A = 2\pi \int_1^a \frac{\sqrt{1+1/x^4}}{x}\, dx > 2\pi \int_1^a \frac{1}{x}\, dx = 2\pi \ln a$$

وباستخدام مفهوم النهايات في الهندسة التحليلية يمكن كتابة:

$$\lim_{a \to \infty} \pi (1 - {}^{1}/_{a}) = \pi$$

حساب التفاضل والتكامل التي يمكن بواسطتها فهم مثل هذه الأجسام. ويُذكر (تورشيلي) اليوم في سجل العظماء إضافة لما سبق، بفضله وعمله في مجال الرصد والفلك جنبا إلى جنب مع (غاليليو).

ولأولئك الذين شد بوق تورشيلي انتباههم أسوق لهم المسألة التالية أملا في تمتعهم بحلها: احسب قيم a ضمن الدالة:

$$f(x) = 1/x^a$$

والتي تنتج بوقا بحجم محدود ومساحة لا نهائية.

الفصل الثاني

قوانين الحقبة الزمنية

(1700 - 1800)

القرن الثامن عشر الميلادي
قاعدة موبرتو للفعل الأدنى

MAUPERTUIS'S RULE OF LEAST ACTION

قاعدة خاصة بعلم الفيزياء اكتشفها عام (1746) الرياضي الفرنسي [ببير - لوي مورو دوموبرتو (Pierre _ Louis Moreau de Maupertuis (1698_1759]

لقد قال (موبرتو) باقتصاد الطبيعة في كافة أفعالها حيث تنص قاعدته على وجوب **إتمام كافة الأحـداث في الطبيعـة بصرف أقل قدر ممكن من الطاقة لإنجازهـا.** ولقد أثبتت التجارب والقياسات والأحـداث صحة هـذه الفرضية التي غالبا ما يطلق عليها (مبـدأ الفعل الأدنى)، فلقد تمكن (موبرتـو) من استنتاج قوانين انعكاس وانكسار الضـوء بالاعتماد على موضوعته تلك كما استطاع أن يثبت أن الطبيعة بقيامها بأي من أفعالها وظواهرها لابد وأن تسلك أسهل وأقصر السبـل لذلك. نشر (موبرتو) قانونـه العام للحركة والتوازن في عـام (1746) والذي يمكن تلخيصه بحقيقة اعتبار أن أي حدث يمكن أن يتم في الطبيعة ما هو إلا نوع من (التغيير) فيها، وبالتالي فإن مقدار أو كمية الطاقة اللازمة لإحداث ذلك التغيير أو الحدث لابد وأن تكون في نهايتها الدنيا أي بأقل مقدار ممكن منها. أما كمية الفعل فتساوي رياضيا حاصل ضرب كتلة أي جسم في سرعته في المسافة اللازمة لتحريكه لإنجاز عمل ما.

(انظر موسوعة الرياضيات لميشيل هيزونكل – Michiel Hazewinkel)

آمـن (موبرتو) إيمانا قاطعا بأن قانونه كوني قابل للتطبيق على نطاق الطبيعة ومجمل الأرض بل وحتى في عموم الكون، وإليك ما نقله عنه (مورس كلاين – Moris Kline) في كتابه الموسوم (الرياضيات والعالم الفيزيائي).

((لاشـك بأن كافة قوانين الحركة والسـكون والتي يمكن اشـتقاقها مـن مبدأ – الفعل الأدنى – هـذا لابد وأن تكون واحدة متطابقة مع كافة الأحداث في الطبيعة وبإمكاننا الاطمئنـان إلى صـحتها، وإني على يقين بأن كافـة الظواهر الطبيعية ابتـداء من حركة

الحيوانات إلى مراحل نمو النباتات مرورا بكافة التفاعلات الكيمياوية والأنواء الجوية لا تمثل إلا جانبا بسيطا من تطبيقاته. وما يدعو حقا إلى الدهشة في هذا المجال هو أن هذا الكون على عظمتـه وعلى روعة إبداعه وجمال خلقه وتناسق أجزائه وروعة زواياه (والتي أستطيع اعتباره - بحق - كتابا مفتوحا لا يفتر عن التسبيح باسم خالقه (عز وجل) تراه ينقاد بسهولة ملفتة إلى أبسط المعطيات الرياضية ويمكن أن تطبق عليه وفيه مجموعة صغيرة من القوانين البسيطة)).

قانون رختر للتفاعلات الكيمياوية

RICHTER'S LAW OF CHEMICAL REATIONS

قانون خاص بعلم الكيمياء اكتشفه عام (1791) الكيميائي الفرنسي [جرميا ريختر [JERMIAS RICHTER (1762_1807)

ينص هذا القانون على أن **وزنا معياريا واحدا من أي حامض، لابد وأن يعادل بالضبط وزن معيار واحد من أية قاعدة**، وبعبارة أعم فان ما اكتشفه (ريختر) يعني تساوي نسب الأوزان المعيارية للمركبات المشتركة في أي تفاعل كيماوي، فعلى سبيل المثال يعادل (615) جزءا وزنيا من مادة أوكسيد المغنيسيوم (MgO) والمسمى بالمغنيسيا ويتفاعل بالكامل مع (1000) جزءاً وزنياً من حامض الكبريتيك.

لقد تمكن (ريختر) من تأليف ونشر كتابين حول مبادئ وأسس (Stoichiometry)[1] وتعني العلاقة الكمية بين المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عنها في أي تفاعل كيميائي. أما أهم ما ميز حياته العلمية فهو بدايته كمهندس في قسم المناجم في مقاطعة (Silesia) سليسيا، ثم عين بعد ذلك ككيميائي في مصانع خزف مدينة (برلين)، ولقد نجح (ريختر) في التعبير عن آرائه ومجمل ما يؤمن به في كتاب أسماه: (Anfangsgrunde dex Stochiometrie) وخلاصته هي إمكانية اختزال مجمل وتفاصيل علم الكيمياء وإمكانية التعبير عنه بنظام رياضي محكم. (انظر كتاب تطور الكيمياء الحديثة) لمؤلفه (ارون ج. هد Aaron J. Ihde).

(1) Stoichiometry -- وقد يلحق به مصطلح التفاعل (Reaction) أو التركيب (Composition)، وهو ذلك الجزء من علم الكيمياء والفيزيائية الذي يعنى بالعلاقات الحسابية والكمية ما بين المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في أي تفاعل كيميائي متوازن، ويستعمل لحساب الكميات الناتجة من المواد المتفاعلة و/أو بالعكس. (المترجم).

الفصل الثالث

قوانين الحقبة الزمنية

(1800-1900)

القرن التاسع عشر الميلادي

قانون مالو لاستقطاب الضوء ـ Malus's Law of Polarization

قانون خاص بعلم البصريات اكتشفه عام (1809) الفيزيائي الفرنسي ايتين لوي مالو [Etienne Louis Malus (1775_1812)]

ينص هذا القانون على **أن شدة الضوء المنبعث (I) من حاجز مستقطب يقطع مسار شعاع ضوئي ذي استقطاب مستو وبشدة أولية مقدارها (I_0) سيساوي شدة الضوء الأولية (I_0) مضروبة بمربع جيب تمام الزاوية الفاصلة بين مستويي الاستقطاب**، ويمكن كتابة هذا القانون رياضيا على الشكل التالي:

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

ولفهم هذه المعادلة، دعنا نصف التجربة التي تحققها وعلى الوجه التالي: يمرر شعاع ضوئي اعتيادي (غير مستقطب) عبر حاجزين مستقطبين يسمى الأول – بالمستقطب – والثاني – بالمحلل – يفسر (قانون مالو) شدة الضوء الناتج بعد مرور شعاع الضوء الاعتيادي عبر الحاجزين بدلالة جيب تمام الزاوية الفاصلة بينهما.

لا يمكن اليوم فهم المنطق الذي دفع (مالو) إلى التفكير لوضع قانونه ولا الطريقة التي أوصلته إليه، فلقد جاء في كتاب (جد بشوالد – Jed Buchwald) الموسوم (بزوغ النظرية الموجية للضوء: نظريات وتجارب في علم البصريات في بداية القرن التاسع عشر) ما يلي: (لم يكتشف (مالو) قانونه من خلال قيامه بالحسابات المستندة إلى تصرف الجزيئات أو القوى، كما لم يظهر من التمحيص التاريخي بأنه كان قد اكتشفه من خلال ربط ملاحظاته الناتجة عن اختلاف قيم معاملات الانكسار، فضلا عن عدم امتلاكه – حينذاك – أو حيازته لأي وسيلة لقياس شدة الضوء. لقد سارعت منية (مالو) إلى موافاته قبل أن ينتهي من صياغة أفكاره التي أوصلته إلى اكتشاف هذا القانون أو أن يتمكن من شرحها، ولكن مع ذلك لا يزال هذا القانون يحمل اسمه رغم اندثار السُبل التي قادته إليه.

قانون بل - ماجندي لفعل الأعصاب

The Bell-Mageadie Law of Nerve Function

قانون خاص بفسلجة الأعصاب وضعه عام (1811) كل من عالم التشريح الأسكتلندي [السر شارل بل (1774_1842) Charles Bell] واختصاصي علم وظائف الأعضاء الفرنسي [فرانسوا ماجندي (1783_1842) Francyois Magendie]

وينص على ما يلي: **تعمل جذور الأعصاب الشوكية الموجودة على الجانب البطني (أي بالقرب من بطن الكائن) على نقل الإيعازات العصبية الحركية، في حين تعمل جذور الأعصاب الشوكية الموجودة على الجانب الظهري (أي بالقرب من ظهر الكائن) على نقل الإيعازات العصبية الحسية.** لقد توصل (السر بل) إلى صياغة قانونه هذا بعد إجراء العديد من الدراسات والتجارب على الحيوانات، حيث قـام بقطع بعض أعصابها وملاحظة تصرفاتها وردود أفعالها وهي حية. وبالنظر لأهمية هذه النتائـج فقد درسها العديد من العلماء والمختصين بعلم الحيوان وعلم وظائف الأعضاء بعده، ومنهم كل من (ارون ا. ترودي-Irwin A. Brody) و (روبرت هـ. ولكنز - Robert H. Wilkins) اللذان اعادا صياغة هذا القانون وتمكنا من نشره في الدورية العلمية المسماة (Neurelogicel Classics) على الشكل التالي: **تدخل الأعصـاب الحسية إلى الحبل الشوكي عن طريق الجذور الخلفية (الظهرية) و تغادره الأعصاب الحركية عن طريق الجذور الأمامية (البطنية).**

لقـد ناقش الكاتب والعـالم (ادوارد س. ريد - Adward S. Reed) في كتابه الموسوم: [من الروح حتى العقل والإرادة: قصة ظهور علم النفس من (ارازمس دارون) حتى (وليم جيمس)] إمكانية أن يكون هذا القانون هو ما عجل بظهور فكرة كون الدماغ هو المسؤول عـن استلام ومعالجة مجمـل السيالات العصبية الـواردة من النخاع الشوكـي وترجمتها إلى إشـارات وأوامر، كمـا ولابد أن يرجعها من خلاله إلى بقية الأعضـاء الجسمية التي يمكن أن تكون قد وردت إليها أو صدرت عنها، وعليه استنتج (ريد) أنه لابد وأن يكون مركز الإرادة للفعل والإحساس متوضعاً في الدماغ كمركز للسيطرة على كافة فعاليات الجسم.

ومـن الجديـر بالذكر هنـا أن مجمل التجـارب التي سبق وأن قـام بها (السر شـارل بل) على الحيوانات بقطع أعصابها ومراقبة ردود أفعالها ومشاهدة تألمها وتصرفاتها وهي حية تتلوى، هي التـي أدت إلى ظهور قانون (بل – ماجندي) عام (1811)، كما أدت أيضا وفي العام (1824) إلى ظهور أول جمعية رسمية لمناهضة ومنع سوء معاملة الحيوان وممارسة العنف بحقه في إنكلترا.

قانون فون همبلت لخطوط الأشجار

Von Humboldt's Law of Tree Lines

قانون خاص بعلم النبات (والذي يكون مع علم الحيوان، علم الأحياء) اكتشفه عام (1817) المكتشف وعالم الطبيعة الألماني [الكساندر فون همبلت (1769-1859) Alexander Von Humboldt]

وينص على **انخفاض مستوى خطوط الأشجار كلما أمعنا السير باتجاه خطوط العرض العليا – بعيدا عن خط الاستواء – بالاتجاهين الشمالي والجنوبي**، وقد يطلق على خط الأشجار هذا اسم (خط التنبر – Timber line) ويمثل نهاية الخط الجغرافي الذي تستطيع الأشجار أن تنمو داخل نطاقه، وذلك يعود في الغالب الأعم إلى الظروف الجوية غير الملائمة لنموها كالبرودة القارسة وشدة الرياح وشحة الأمطار، كما وقد يحد (خط نمو الأشجار) هذا حاجزا مائيا طبيعيا هائلا كما يحدث عند سواحل البحار أو برودة متناهية كما هو الحال فوق منطقة الدائرتين القطبيتين الشمالية والجنوبية.

لقد عمد (فون همبلت) وخلال الفترة الواقعة بين عامي (1799 و، 1804) إلى السفر والتجوال عبر سهوب واكتشاف مناطق جنوب ووسط أمريكا الشمالية وكان بذلك أول اختصاصي في علم الطبيعة، وأول مكتشف ينجح في تسجيل كافة ملاحظاته ومشاهداته عن تلك الأماكن والأصقاع بطريقة علمية بحثية دقيقة.

كما نجح بكتابة ونشر ملاحظاته الفصلية عبر فترة زمنية فاقت الواحد والعشرين عاما وضمها بسِفْر ضخم حوى العديد من الأجزاء، أما خلال طفولته فلقد تمتع (همبلت) بقابلية هائلة وولع شديد بجمع وتأشير وشرح وتصنيف كل ما وقع عليه بصره وطالته يداه مع ولع كبير وتركيز بين على نماذج الأحجار والأصداف والنباتات والحشرات.

قوانين فرسنل - أراكو في البصريات

The Fresnel-Arago Law of Optics

قوانين خاصة بعلم البصريات اكتشفها عام (1819) الفيزيائيان الفرنسيان
[اوكستين فرسنل (1788_1827) Augestin Fresnel]
و [دومنيك اراكو (1786_1853) Dominique Arago]

اختصت مجموعة القوانين التي وضعها المكتشفان المذكوران بتسمية وتعداد كافة الحالات والمواضع التي وصفاهـا لشعاعين ضوئيين مستقطبين والتي تمكنهما معا من تكوين (حزوز تداخل) على حاجز موضوع أمامهما. أما مثالي طرفي النقيض لمجموعة هذه الحالات والتي يمكــن أن تقع كافة الاحتمالات الأخرى ضمنهما فتتراوح ما بين استحالة تكوين أي حزوز تداخــل بواسطة شعاعين ضوئيــين مستقطبين.بمستويين متعامدين، مــن جهة وبين التصرف الطبيعي لشعاع ضوء عادي بواسطة شعاعين ضوئيين مستقطبين.بمستويين متطابقين من جهة ثانية.

قانون مشرلخ لتماثل الأشكال البلورية

Mitcherlich's Law of Isomorphism

قانون خاص بعلم الكيمياء البلورية اكتشفه عام (1821) الكيميائي الألماني [الهارد مشرلخ (1794-1863) Eilhard Mitcherlich]

وينص هذا القانون على **تماثل التراكيب الكيمياوية للمواد التي لها قابلية التبلور بذات الأشكال**، ويوظف هذا القانون لاقتراح وإثبات الصيغ الكيميائية الأكثر احتمالا للمواد التي يصدف أن يوجد لها شبيه بلوري مؤكد، فعلى سبيل المثال، تتماثل أشكال بلورات مادة أوكسيد الكروم مع أشكال بلورات أوكسيد الحديديك (Fe_2O_3) الأمر الذي يمكن من خلاله توقع وكتابة صيغتها الكيميائية (المماثلة) فتكون (Cr_2O_3).

لقد كان (مشرلخ) رائدا عالما من رواد النهضة والتجديد فلقد نذر نفسه وشبابه لدراسة وإحياء النصوص واللغات القديمة حتى أصبح حجة موثوقة واختصاصا لامعا في اللغة الفارسية.

مبدأ هملتن للأنظمة الحركية

Hamilton's Principle of Dynamical Systeins

مبدأ خاص بعلم الفيزياء اكتشفه عام (1835) الرياضي الأيرلندي
[السر وليم روان هملتن Sir William Rawan Hamilton (1805_1865)]

شرحت (جنيفر بوثملي – Jennifer Bothamley) في (معجم سير العلماء الذاتية) مبدأ (هملتن) على الوجه التالي: لابد وأن يكون تطور أي نظام من الزمن (t_1) إلى الزمن (t_2) بطريقة يكون معها الفعل س ($t_2 - t_1$) على أقل ما يمكن بالنسبة للتغيرات العشوائية الصغيرة في مساره، أما (دير ا. ويلز – Dare A. Wells) فقد بينت في كتابها الموسوم (ملخصات – شوم – للتحركات اللاكرانجية Schaum's Outline of Lagrangian Dynamics)[1] أهمية هذا المبدأ والدور المهم الذي لعبه في تطور ميكانيكا الكم.

لقد بدأ (هملتن) حياته طفلا غير اعتيادي لا يشبه غيره من الأطفال فلقد تعلم العبرية وأجاد نطقها عند بلوغه السابعة من عمره ثم تمكن من امتلاك ناصية العديد من اللغات الشرقية القديمة والحديثة كالعربية والفارسية والهندية والسنسكريتية والملايية، ولما يبلغ الثالثة عشرة من عمره. لقد نقل (بيتر غوثري تيت – Peter Guthrie Tait) في كتابه (أوراق علمية) ما قاله (وليم ادون هملتن – William Edwin Hamilton) الابن الأكبر لـ (هملتن) عن أبيه بأنه: (كان غالباً ما يحمل – قطاراً – طويلاً وسلسلة لا نهاية لها من الأفكار في داخل رأسه، ليس أقلها شأناً حساباته الجبرية والرياضية والتي يتمتع خلال تفكيره بها بحالة من (الغيبوبة) عما حوله وتعاف نفسه كل الحاجات الضرورية حتى تلك اللازمة للحياة كالطعام.

(1) التحركات اللاكرانجية (Lagrangian Dynamics) أو الميكانيكا اللاكرانجية (Lagrangian Mechanics) هو المصطلح المسمى باسم (Joseph Louis Lagrange) جوزف لوي لاكرانج ويعني الداله التي تلخص (مقدار وحركية) أي نظام. وفي علم الميكانيكا التقليدي تعرف بأنها حاصل طرح الطاقة الكامنة لأي نظام من مقدار طاقته الحركية ويمكن التعبير عن ذلك رياضيا بـ ($L = T - V$) حيث (L) هي (لاكرانجية النظام) و (T) هي مقدار طاقته الحركية و (V) هي مقدار طاقته الكامنة. (المترجم).

وكنا – خوفاً عليه من التضور جوعاً – غالبا ما ندفع له إلى غرفة مكتبه خلال خلوته صحناً، أو – وجبةً خفيفةً – من شرائح اللحم أو قطع الخبز ونتركها بين يديه، ولا نلاحظ وبعد فترة طويلة من الزمان إلا قضمة هنا أو نتفة هناك، هي كل ما أكل من وجبته خلال اليوم...، ثم تراه سرعان ما يعود بعدها إلى سموه وخلوته بتركيز أشد وتفكير أعمق.

مبدأ استطارة أو حيود الضوء لبابنيه

Babinet's Principle of Diffraction

مبدأ خاص بعلم الفيزياء توصل إليه عام (1838) الفيزيائي الفرنسي [جاك بابنيه (Jacyues Babinet (1794_1872]

لقد فسرت (جنفر بوثملي – Jennifer Bothamley) في كتابها الثمين (معجم سير العلماء الذاتيــة) (مبدأ بابنيه) بأنه ذاك الــذي يفسر التأثير التكميلي لشاشات الاستطــارة[1] على الأشعة الكهرو مغناطيسية. ولتحقيق الفهــم الكامل لهذا المبدأ لابد لنا أن نفترض أولا شاشتي استطارة (ش1) و (ش2) واللتين تمتازان بتكاملهما (الواحدة نسبة إلى الأخرى) بحيث يتم صناعة الشاشة (شـ1) بطريقة يجعلها تحتوي على كافة المناطق المعتمــة الموجودة في الشاشة (ش2) على شكل مناطق شفافة، كما تحتوي كافة المناطق الشفافة في الشاشة (ش1) على شكل مناطق معتمة.

ولفهــم المقصود من هذا المبدأ، لابد لنا من الاطــلاع على تفسيره من قبل عدد من العلماء المختصين في هذا الموضوع، فلقد فسر (صموئيل سلفر – Samuel Silver) مبدأ (استطارة بابنيه) فـي كتابــه الموسوم (نظرية وتصميم هوائيات الموجات الميكروية).بما يلي:

[ينص مبدأ (بصريات بابنيه) الخاص باســتطارة (أو حيود) الموجات الكهرومغناطيســية على أن حاصــل جمع الحقلين الكهربائي والمغناطيســي المتكاملين والمتعامدين والناتجين من إمرار تلك الموجات عبر شاشــتي اســتطارة متكاملتين – وفي أي نقطة لابد وأن يســاوي مقدار قوة ويطابق شكل الموجات الأصلية التي ولدتهما قبل إمرارها عبر أي من شاشتي الاستطارة المفترضتين].

أما (ديبــاك ك. باسو – Dipakk K. Basu) في كتابه الموسوم (معجم الفيزيــاء النظرية والتطبيقيــة) فقد وضــح المبدأ المذكور بالشكل التالي: **[لنفترض وجود شاشــة مســطحة معتمة،**

(1) شاشــات الاستطــارة – أو محزرات الحيــود – Diffraction Slits هي عبارة عــن شاشات أو مسطحــات تحوي فتحات صغيرة جدا أو حزوز تقارب بأبعادها الأطوال الموجية للموجات الكهرومغناطيسية وتمكن من مرور أحد جزأيها أما الكهربائي أو المغناطيسي خلالها. (المترجم).

في المستوى السيني الصادي لها مساحة سطحية تساوي(Am) تحتوي على ثقب دائري في وسطها مساحته Ao، تُعَرّف الشاشة المكملة لشاشتنا السابقة بأنها تلك التي لها مساحة سطحية مقدارها (Ao) والتي يمكنها أن تحجب الثقب الدائري (ذا المساحة Ao) والموجود في الشاشة الأولى، كما أنها ذاتها تحتوي على ثقب دائري في محيطها تبلغ مساحته (Am). والآن إذا ما تطابقت الشاشتان وسلط عليهما حقل كهرومغناطيسي أولي (ولنقل شعاع ضوء لتبسيط الموضوع) مصدره الجهة السالبة من المحور العيني (ع) العمودي على المستوى (س، ص) فسيؤدي ذلك إلى ظهور حقل الاستطارة الأول وهو (ح1) بعد عبور الشعاع للشاشة الأولى وظهور حقل الاستطارة الثاني وهو (ح2) بعد عبور الشعاع للشاشة الثانية بعد استقطابه الثاني على الجهة المقابلة (الموجبة) من المحور العيني. ينص مبدأ (بابنيه) في هذه الحالة على مساواة الحقل (الكهرومغناطيسي) المستقطب مرتين والناتج من مجموع كلا الحقلين (ح1) و (ح2) وفي أي نقطة بعد مستوى الشاشتين لعين قوة المصدر الأصلي المنبعث قبلهما (أي وكأن تأثير الثانية قد محا تأثير الأولى - أو كأنهما لم توضعا في مسار الضوء المنبعث أصلا].

بإمكاننا اختصار مبدأ (بابنيه) فيما يخص تطبيقاته الكهرومغناطيسية والصوتية بالقول على تأكيده بأن (العيوب) التي تؤدي إلى استطارة أو حيود الموجة والموجودة في محزز الحيود (م) والحاوي على الحزوز (ح) تصحح (عيوب) الاستطارة لمحزز الحيود الثاني (المكمل) للأول بحيث يتصرف وكأنه محزز حيود (ح) والحاوي على الحزوز (م).

(راجع كتاب - كرستوفر م. لنتون - Christopher M. Linton وفلب مكآفر - Phillip Mc Iver) المعنون: (ملخص التقنية الرياضية لتعامل الأمواج مع الأشكال).

وفي الختام وكآخر توضيح لهذا القانون لك أن تتصور لوحتين خشبيتين متكاملتين (ا) و (ب) بحيث لا تحتوي اللوحة (ا) إلا على ثقب واحد ولا تحتوي اللوحة (ب) إلا على سدادة بحجمه، والآن إذا ما جمعناهما معا فلن يستطيع أي ضوء المرور خلالهما. هذا ويوضح لنا (مبدأ بابنيه) بشأن تصرف الشاشات المتكاملة ودورهما في توليد نماذج الضوء المستطار.

(انظر كتاب كارل ديتر مولر - Karl Dieter Moller المعنون: علم البصريات، التعلم بالحاسوب مع أمثلة قياسية باستخدام Math Cad ،MAT;AB، Mathamatica ، Maple).

قانون هس لثابت الحرارة

Hess's Law of Heat Constant

قانون خاص بعلم الكيمياء اكتشفه عام (1840) الكيميائي الروسي: سويسري المولد [جرمين هنري هس (1802-1850) Germain Henri Hess]

يستعمل هذا القانون لاستنتاج التغير في مقدار الحرارة (ΔH) في التفاعلات الكيمياوية والتي يصطلح عليه اسم (الانثالبية – Enthalpy).

ويستنتج من هذا القانون بأن كمية التغير العام في مقدار الحرارة لتفاعل ما، لابد وأن تكون ثابتة بغض النظر عن عدد الخطوات الموصلة إلى ناتجه النهائي. أي أن (انثالبية) أي تفاعل لابد وأن تساوي (حاصل جمع انثالبية) كل خطوة من خطواته قلت أم كثرت.

لقد بين (راندل ك. نون – Randall K. Noon) في كتابه – التحليل الهندسي لتصرف النيران والمتفجرات – بأن لقانون (هس) نتائج مهمة جدا لأنه يتضمن حقيقة التعامل مع معادلات حرارة التكوين وحرارة الاحتراق بطريقة جبرية لحساب أي منهما، لأي مادة من المواد المجهولة والتي لم يسبق أن تم حساب قيمتها بصورة تجريبية في المختبر، كما لاحظ كل من (ج. ا. مكلين – J. A. Maclean) و (ج. توبن – G. Tobin) في كتابهما – القياسات الحرارية للإنسان والحيوان – وحسب قانون (هس) أيضا، عدم اعتماد مقدار الحرارة الناتجة عن سلسلة من التفاعلات على سبيل سيرها ولا عدد مراحلها، وإنما تعتمد على نتائجها النهائية فحسب. وبناء على ما سبق وبالاستعانة بمبدأ (حفظ الطاقة)، امكن الاستنتاج والتأكد من حقيقة أن مقدار الحرارة الناتجة عن السلسلة المعقدة من التفاعلات الكيمياوية – الحيوية والتي تصف وتحدد طريقة (هضم الغذاء) واستخلاص طاقته منه داخل الجسم الحي (بشريا كان أم حيوانيا) تساوي ذات كمية الحرارة الناتجة عن سلسلة الحسابات الكيمياوية الناتجة من تحويل ذات الكمية من عين الطعام إلى نواتجها النهائية وذلك عن طريق حرقها تجريبيا في المختبر.

قاعدة بركمن لأحجام أنواع الحيوانات

Bergmann's Rule of Species Sizes

قاعدة تخص علم الأحياء اكتشفها عام (1847) عالم الأحياء الألماني [كرستيان بركمن (Christian Bergmann (1814-1865]

تنص هذه القاعـدة على أن **معدل حجم أي فصـيلة أو نوع مـن الحيوانات يميل إلى الصـغر كلما عاش في مناطق أدفأ على وجه الأرض، كما يميل حجمها إلى الكبر كلما عاشـت في مناطق أكثر برودة عليهـا**. ويعود سبب ذلـك إلى صغر نسبة مساحة جسم الحيـوان السطحية إلى حجمه كلما كبر، وكبرها كلما صغر وتنعكس هذه الحقيقة إيجابيا على احتفاظ أجسام الحيوانات الكبيرة بدفئها مما يؤهلها طبيعياً للمعيشة في الأصقاع الباردة، ولعل من المفيد ملاحظة حقيقة انطباق هذا التصور على فئات الطيور وأنواعها إضافة إلى انطباقه على أصناف اللبائن وفصائلها.

ذكـر (جم زمبو – Jim Zumbo) في كتابه الموسوم (صيد الـ Elk)، أن أجسام الـ Elk(1) التـي تعيش فـي مناطق الكرة الأرضيـة الشمالية البـاردة، لابد وأن تكـون أكبر حجما من مثيلاتهـا التي تعيش في مناطق الكـرة الأرضية الأكثر دفئا وذلك حسب (قاعدة بركمن) وفسر ذلك لصالح بقـاء الحيوان واحتفاظه بكميـة أكبر مـن الحرارة (أي فقدان كمية أقل منها من وحدة المساحة السطحية لجسمه).

كمـا لاحظت (كارول هندرسـن – Carrol Henderson) في كتابها – مرشد الحياة البريـة في كوستاريـكا – بأن حيوانـات (الراكـون و Cougars) وهو (حيـوان البوما – تلفـظ بالباء المفخّمة –، أو أسـد الجبل أو قطة الجبل أو البانـثر Panther) والغزلان ذوات الذيـل الأبيض تمثل نموذجا واضحا (**لقانون بركمـن**) كذلك في ذلك البلد. وعليه فإن أحجام

(1) Elk – أو Wapiti واسمه العلمي (Cervus Canadensis) – هو أكبر أنواع الغزلان المعروفة في العالم ومن أكبر الثدييات الموجودة في مناطق أمريكا الشمالية وآسيا الشرقية وقد يسمى (بالايل). (المترجم).

الغـزلان التي تعيش قرب خط الاستواء لابد وأن تكـون أصغر حجما من مثيلاتها من نفس النـوع واللائي يعشن في مناطق أكثر برودة بعيدة عنه وأكثر قربا من المناطق المعتدلة الشمالية والجنوبية والمناطق الباردة.

قانون كلادستون - ديل لانكسار الضوء

The Gladstone - Dale Law of Refraction

قانون خاص بعلمي الفيزياء والكيمياء اكتشفه عام (1858) كل من الكيميائيين الإنكليزيين:

(جون هول كلادستون (John Hall Gladstone (1827-1902)

و (ت. ب. ديل - T. B. Dale)

وينص هذا القانون على **تناسب معامل الانكسار الضوئي لأي غاز طرديا مع كثافته عند ثبوت درجة حرارته**، ويعبر عن هذا القانون رياضيا بالمعادلة التالية:

$$(n - 1)/\rho = k$$

حيث يمثل (n) معامل الانكسار الضوئي لغاز معين ويمثل (ρ) كثافته و(k) ثابت العلاقة.

لقد عاش (كولدستون) حياته متدينا تدينا شديدا و امتاز بإيمانه العميق وإصراره على عدم تناقض المسيحية مع العلم، ولقد استند إلى النصوص التوراتية عند تأليفه لكتابه الموسوم (نقاط الصدام المفترضة بين المتدينين و العلوم الطبيعية) والذي جاء فيه:

(لطالما بحث (المتشككون) في زوايا ثكنات العلم وما بين خفايا ترسانته عما يّشاقون به قوى الإيمان وما جاء به الكتاب المقدس. وقد مرت بعض الأوقات التي شعر فيها المدافعون عن حصون العقيدة بالحرج وأحسوا بالخطر، كما مرت فترات أكثر أوشك فيها (المارقون) على نفخ أبواق نصرهم الذي تمنوه. نعم لابد من الاعتراف بسقوط بعض الحصون هنا واحتلال بعض الأراضي هناك (على مستوى التفكير والأعمال الفانية) ولكن مما لاشك فيه أن قلعة الإيمان الإلهية ظلت وستظل صامدة ولم تثبت توالي الغزوات وتكرر الهجمات عليها إلا مناعة أسوارها وثبات أسسها وشموخ أبراجها).

قانون كوب لحفظ السعة الحرارية

Kopp's Law of Heat Copacity

قانون خاص بعلم الكيمياء اكتشفه عام (1864) الكيميائي الألماني [هرمن فرانز مورتز كوب (1817_1892) Hermann Franz Moritz Kopp]

ينص على **أن مجمل السعة المعيارية الحرارية لمركب صلب تساوي (تقريبا) حاصل جمع السعات الحرارية الذرية لكافة مكوناته.** وهناك العديد من القوانين ذوات العلاقة بقانوننا هذا والتي تفسر السعة الحرارية مثل قانون (نيومن – كوب – Neumann – Kopp) المكتشف عام (1831) و(قانون نيومن) المكتشف في نفس العام من قبل الكيميائي الألماني [فرانز نيومن Franz Neumann (1798–1895)].

لقد امتاز (كوب) هذا بكونه كاتبا ومؤرخا مرموقا، إضافة إلى كونه كيميائيا فذا عشق صنعته حتى لُقب (بعظيم مؤرخي الكيمياء) بلا منازع بالنظر لإسهاماته الكثيرة والموثوقة في التأليف في حقل تاريخ الكيمياء، ومنها نشره لموسوعته الضخمة بعنوان (تاريخ الكيمياء) التي جاءت في أربعة مجلدات ضخمة، أضاف إليها فيما بعد أربعة أجزاء أخرى وملاحق مفصلة. كما تمكن من تأليف ونشر كتاب آخر بعنوان (تطور الكيمياء في التاريخ القريب) كما نشر في جزأين كبيرين كتابا مهماً بعنوان (علم الخيمياء[1] في غابر العصور وحاضرها).

(1) راجع تعريف ومعنى هذه الكلمة على صفحة (210) من هذا الكتاب. (المترجم).

قاعدة ماتهيزن للمقاومة الكهربائية

Matthiessen's Rule of Electrical Resistivity

قاعدة فيزيائية اكتشفها عام (1864) الفيزيائي الإنكليزي [أغسطس ماتهيزن (1831 ـ 1870) Augustus Matthiessen]

تنص على أن مقاومة أي فلز (يحوي على شوائب من أي مادة أخرى داخله) للكهربائية المارة خلاله، لابد وأن تكون أكبر من مقاومة مرور ذات الكمية من الكهربائية خلال عين المقدار من نفس مادة الفلز النقي تماما.

شرح (جيرارد د. ماهان – Gerald D. Mahan) في كتابه الذي يحمل عنوان (الفيزياء متعددة الجزيئات – Many Particles Physics) هذه الظاهرة بقوله: (إن منشأ مقاومة المواد الموصلة للكهربائية المارة خلالها – ولنأخذ الفلزات كمثال على ذلك – لابد وأن تنشأ من ظاهرة تشتت الإلكترونات المارة بفعل اصطدامها بالشوائب الموجودة داخلها من جهة، ولإعاقة مرورها من قبل الإلكترونات المنطلقة من أصل مادة الفلز، والتي ينجلي تأثيرها ويبين عند تسخين هذا الموصل إلى درجات حرارية عالية جدا من جهة ثانية، هذا وتؤكد قاعدة (ماتهيزن) السابق شرحها على خاصية تراكم وتظافر العاملين السابقين وتأثيرهما سلبيا على قابلية التوصيل الكهربائي للفلز المعني أو أي مادة موصلة أخرى مهما كانت، رغم إقرارها الصريح بوجود العديد من الحالات والمواد التي تشذ في تصرفها هذا عنها.

قانون لزوجة الغازات لماكسويل

Maxwell's Law of Gas Viscosity

قانون فيزيائي توصل إلى وضعه عام (1866) الفيزيائي السكوتلاندي [جيمس كلارك ماكسويل (1831 ـ 1879) james Clark Maxwell]

وينص على **عدم اعتماد معامل لزوجة غاز ما على كثافته أو على ضغطه، شرط إجراء التجارب المتعلقة بهذه الحقيقة في ظروف حرارية ثابتة، كما ويشترط في دقة نتائجه احتفاظ الغاز المعني بضغطه بعيدا عن النهايات المتطرفة زيادة أو نقصانا.**

فسر (فلوريان كاجوري - Florian Cajori) في كتابه الذي صدر بعنوان (تاريخ الرياضيات - A History of Mathematics) بعض آراء (ماكسويل) وتنبؤاته على أنها تؤكد انعدام تأثير تغيير ضغط غاز ما على أي من معاملي لزوجته أو توصيله للحرارة مادام ذلك الغاز خاضعا منقادا في تصرفه إلى ما ينص عليه (قانون بويل - Boyle's Law) للغازات. أما (ماكسويل) فقد تمكن من الاستنتاج كذلك، بل وأيقن بضرورة تناسب معامل لزوجة الغازات مع الجذر التربيعي لدرجة حرارتها المطلقة - مقاسة بدرجات حرارة كالفن - الأمر الذي جعله ملزما بتحوير لب وأسس نظريته في (حركية الغازات) وذلك بافتراضه وجود شيء من القوى النافرة والتي لا مناص من تواجدها ما بين جزيئات أي غاز والتي تعمل جاهدة على إبعادها عن بعضها البعض، على أن تؤثر بفعالية قصوى ما دامت المسافات بينها قصيرة وقصيرة جدا بحيث افترض هو، وأثبتت التجارب اللاحقة أنها (أي تلك القوى النافرة) تتناسب عكسيا مع القوى الخامسة لمقدار المسافة الفاصلة بين جزيئات الغاز المعنية.

مبدأ برتلو - تومسن للتفاعلات الكيميائية

The Berthelot - thomsen Principle of Chemical Reaction

مبدأ كيميائي اكتشفه عام (1867) اختصاصيا الكيمياء الفيزيائية:
الفرنسي [مارسيل بيير يوجين برتلو (Marcellin Pierre Eugene Berthelot (1827_1907]
والكيميائي الدنماركي [هانس بيتر جركن جوليس تومسن
(Hans Peter Jurgen Julius Thomse (1826_1909].

ينص هذا المبدأ على **أنه لو كان باستطاعتنا جمع وقياس وتحديد واعتبار كافة التفاعلات الكيميائية الممكنة والتي يمكن عمليا لمجموعة من المركبات المتفاعلة إنجازها فعلا، لكانت صدارة الحدوث وأولوية الإنجاز لأكثرها قابلية على إطلاق أكبر قدر ممكن من الطاقة عند التفاعل (حرارية كانت تلك الطاقة أم ضوئية أم الاثنين معا).**

فسر المؤلف (كارل و. هول - Carl W. Hall) هذا القانون في كتابه المعنون (نماذج وقوانين: في العلوم والهندسة والتكنولوجيا) قائلا بوجوب حدوث واتخاذ صدارة التفاعل طبيعيا في سلسلة من قبل أكثرها قابلية على إطلاق أكبر كمية ممكنة من الحرارة (أو أي نوع آخر من الطاقة - كالضوء مثلا -)، هذا إذا أخذنا بالاعتبار مجموعة كافة عناصر التفاعلات الكيميائية (غير الماصة للحرارة) والتي بإمكانها الاستمرار ذاتيا دون الحاجة إلى أي حرارة خارجية مضافة. ولعل أفصح ما جاء في تفسير هذا المبدأ هو ما اقترحه كل من (هانز - دايتر جاكوبتك-Hans-Dieter Jakubtke)و(هانز جسكت-Hans Jescht) في كتابهما المعنون (موسوعة الكيمياء الميسرة)، والذي ينص على **تناسب قابلية أي تفاعل كيميائي (وهي ميله الطبيعي للحدوث) طرديا مع مقدار الحرارة التي يطلقها.**

قانون مندليف الدوري للعناصر

Mendeleyev's Periodic Law of Elements

قانون كيميائي اكتشفه عام (1869) الكيميائي الروسي [ديمتري مندلييف
Dimitri Mendeleyev (1834_1907)]

والـذي ترجم فعلياً إلى الجـدول الدوري المعروف للعناصر، ينص هذا القانون على **تناسب وتناسق الصفات الكيميائية والفيزيائية للعناصر المختلفة دوريا بصورة تجعلها تتصرف كدالة لأوزانها الذرية.** ومن الجدير بالذكر في هذا الخصوص تأكيد ثقة (مندلييف) الكبيرة بنفسه وبوضعه المبتكر لجدوله الدوري والتي بلغت درجة عالية أهلته لأن يترك – وبكل ثقة وإصرار – أماكن خالية في بعض أجزاء هذا الجدول موقنا بضرورة، بل وبحتمية إشغالها لاحقا بعناصر لابد وأن يكتشف وجودها في الطبيعة، ولو فيما بعد!

وكدلالة واضحة لمصداقية ما تنبأ به (مندلييف) فقد تم بالفعل (وبعد وضعه لجدوله بخمس سنوات فقط) اكتشاف عنصر – الكاليوم Ga – والذي جاء بوزن ذري وصفات كيميائية ومواصفات فيزيائية طابقت – ولحد الإعجاب – ما سبق أن قال به (مندلييف). أما التفسير المقنع والسبب الوجيه الـذي من أجله صار مـن المحتم على العناصر أن تتصرف بشكلها الدوري هذا فلم يُعرف، ولم يتمكن العلماء من وضع يدهم على تفسيره إلا بعد مرور خمسين عاما على ما جاء به (مندلييف)، حيث يعزى سبب ذلك التصرف في الوقت الحاضر – وأعني به ميل العناصر إلى التجمع على شكل مجموعات دورية التناوب بصفاتها وخواصها الكيميائية والفيزيائية – إلى المواصفات (الكميمية – **quantum**) التي تتمتع بها تلك العناصر، وبذلك تمت إماطة اللثام عن ذلك السر المدهش بالاستناد إلى مبادئ ميكانيكا الكم، (وللاستزادة راجع كتاب:

(Matter and Erergy، Principles of Matter and Thermo dynamics، by Paul Fleisher).

كتاب (فلشر) الموسوم (المادة والطاقة: مبادئ المادة والديناميكية الحرارية).

قانون لورنز - لورنز لمعاملات انكسار الضوء

The Lorentz - Lorentz Law of Refractive Indices

قانون فيزيائي اكتشفه عام (1870) الفيزيائيان الدنماركيان [هندريك لورنز Hendrik Lorentz(1853-1928)] الأب] و [لودفك لورنز - Ludwig Loretz (1874-1950)] الابن]

ينص هذا القانون على التناسب العكسي فيما بين معامل الانكسار الضوئي (n) لكافة حالات وأوجه المواد ثنائية التصرف الكهربائي وكثافاتها (ρ) بحيث يمكن صياغة هذا القانون رياضيا على الشكل التالي:

$$(n^2-1) / (n^2+2) = k x \rho$$

وباعتبار العامل (k) كثابت للتناسب، تُعرّف المادة ذات التصرف الكهربائي الثنائي (كالزجاج مثلا) بأنها تلك المادة التي تمتاز بضعف توصيلها للكهربائية وبكفاءتها العالية في الاحتفاظ بالمجالات الكهربائية المستقرة لفترات طويلة نسبيا، ومن الطريف ذكره في هذا المجال هو تمكن (لودفك لورنتز) الابن من اكتشاف ونشر العلاقة السابقة في عام (1869) في حين توصل (هندريك لورنز) الأب في السنة الموالية أي في عام (1870) إلى ذات العلاقة وبصورة ذاتية دون أدنى معرفة بما توصل إليه ولده.

ولابد من الإشادة بـ (لورنز - الابن) الذي تمكن من تسنم منصة استلام جائزة نوبل تثمينا لنظريته في تفسير تصرف الإشعاعات الكهرومغناطيسية وذلك في عام (1902)، كما ولابد من الإشادة به كونه أول من توصل إلى الاستنتاج القائل بضرورة تقلص كافة الأجسام المتحركة بسرع تقارب سرعة الضوء أو قبيل بلوغها وذلك باتجاه حركتها. ولا يخفى ما لهذا الاستنتاج من أهمية كونه أصبح اللبنة الأولى والأساس الراسخ الذي مكن (البرت اينشتين) من بناء صرح نظريته النسبية الخاصة عليه.

قانون كوب لخفض درجة انجماد المحاليل

Coppet's Law of Freezing Point Lowering

قانون كيميائي اكتشفه عام (1871) الفيزيائي الفرنسي [لوي كا دو كوب (1841-1911) Louis Cas de Coppet]

والذي ينص على **تناسب مقدار انخفاض درجة الجماد أي محلول مع مقدار المادة المذابة فيه.**

من الجدير بالذكر أن اكتشاف وتفسير قانوننا الحالي لم يكن حكرا على الذي اقترن اسمه به، فلقد توصل الكيميائي الإنكليزي [شارل بلادن Charles Blagden 1748-1820] والذي شغل منصب السكرتير الخاص للعالم والمخترع والمكتشف الإنكليزي الشهير [هنري كافندش (1731-1810) Henry Cavendish] في عام (1788) إلى اكتشاف الحقيقة المتمثلة بإمكانية خفض درجة الجماد بعض المحاليل وذلك بزيادة كمية المادة المذابة في حجم معين منها، واستطاع إثبات ذلك مختبريا. كما تمكن الكيميائي الإنكليزي [ريتشارد واتسون (1737-1816) Richard Watson] من التوصل إلى ذات الحقيقة.

ساعدت إحدى المقالات العملية المنشورة من قبل الفيزيائي الفرنسي (كوب) عام (1871) والمتضمنة بعض الحسابات والتجارب المختبرية المتعلقة بتصرفات المحاليل الحاوية على كميات متباينة من المواد المذابة والمستندة إلى النتائج التي توصل إليها الكيميائي الإنكليزي (بلادن)، الكيمائي الفرنسي [فرانسوا ماري رول (1830-1901) Francois Marie Rauolt] على التوصل إلى استنتاجات مماثلة بشأن تلك الظاهرة، هذا ويساعد القانون موضع البحث على تفسير الحقيقة العلمية وراء نثر كميات من ملح الطعام الاعتيادي على الطرقات المغطاة بطبقات سميكة من ثلج الشتاء بهدف إذابتها وجعل تلك الطرقات صالحة للاستخدام بأمان – (ولمزيد من الإيضاحات حول هذا القانون وحيثياته انظر كتاب المؤلف (وليم هـ. بروك – William H. Brock) بعنوان (شجرة الكيمياء: تاريخ موجز).

قانون توزيع بولتزمن

Boltzmann's Distriribution Law

قانون فيزيائي اكتشفه عام (1871) الفيزيائي النمساوي [لودوك بولتزمن (1906_1844) Ludwig Boltzmann]

والذي يصف حاله ونظام التوزع الإحصائي لإزاحات وطاقات مختلف الجزيئات التي تؤلف غازاً معيناً عند بلوغ ذلك الغاز مرحلة استقراره حراريا. (لمزيد من التوضيح انظر معجم النظريات لمؤلفته [جنفر بوثملي (1906–1844) Jennifer Boltzmann].

ينص هذا القانون على **تناسب قيمة اللوغارثم الطبيعي**[1] **لنسبة عدد الجزيئات المتواجدة في مستويين مختلفين من الطاقة مع المقدار السالب لكمية فرق الطاقة بينهما.**

كان الفيزيائي الأسكتلاندي (جيمس كلارك ماكسويل) أول من فكر واخترع هذا النوع من التوزيع وذلك في عام(1859) بالاستناد إلى واستخدام المناقشات الاحتمالية. أما العالم (لودوك بولتزمن) فقد استطاع تعميم ما توصل إليه (ماكسويل) وذلك في عام (1871)، وبناء عليه كثرما يشار إلى هذا القانون ويعرف باسم (قانون توزيع ماكسويل – بولتزمن).

يعتبر (دياك ك باسو– Dipak k. Basu) محرر معجم (علم المواد وفيزياء الطاقات الفائقة) خير من عرّف (قانون توزيع بولتزمن) كقانون للميكانيكا الإحصائية وقدمه كقانون ينص على إمكانية التعبير رياضيا عن تناسب احتمالية إيجاد نظام ما في ظروف حرارة مقدارها (T) وبمخزون طاقة مقداره (E) مع قيمة اللوغارتم الطبيعي (e) مرفوعا إلى القوة السالبة لحاصل قسمة مخزون طاقته على درجة حرارته المطلقة، حيث يمكن كتابة القانون فعليا

(1) اللوغارثم الطبيعي – Natural Logarithm: وقد عُرف سابقا بلوغارثم القطع المكافئ المغرق – Hyperbolic log – وهو اللوغارثم للقاعدة (e) وهي ثابت يساوي تقريبا [2.718 281 828] ويعرف اللوغارثم الطبيعي لأي رقم (x) بأنه القوة اللازم رفع (x) إليها كي نحصل على قيمة (e)، واللوغارثم الطبيعي لـ (e) هو الرقم واحد (1) لان ($e^1 = 1$). واللوغارثم الطبيعي للعدد واحد هو صفر لأن ($e^0 = 1$) وللمصطلح تعاريف هندسية توضيحية أخرى. (المترجم).

على الشكل التالي:

$$P_s = e^{-E/KT}$$

عندما تمثل (P_s)[1] احتمالية وجود النظام المعني و K ثابت التناسب المسمى (بثابت بولتزمن).

كتب (ستيفن ج بروش – Stephen G. Brush) في مؤلفه الموسوم (النظرية الحركية للغازات: أمهات البحوث الكلاسيكية مع الملاحظات التاريخية حولها) مبينا تذمر (بولتزمن) وشكواه من الطريقة المختصرة العصية على الفهم التي كان قد اتبعها (ماكسويل) في اشتقاقه لقانون توزع الإزاحات، الأمر الذي أشكل الموضوع على الكثيرين مما دفعه إلى نشر مذكرة تفصيلية نذر صفحاتها الأربع والأربعين (44) الأولى لتوضيح وسوق الأمثلة المقنعة مسلطا الضوء عما غاب عن ذهن (ماكسويل) وسها عن بيانه بشأن هذا القانون.

(1) والاحتمالية – Probablity – رياضياً هي مجموعة القيم الحقيقية لدالة معرفة في الفضاء الاحتمالي والتي تطابق صفة معينة مفروضة ويمكن التعبير عنها رياضياً بعدة أشكال منها:

$$\mu\left(\bigcup_{i} E_i\right) = \sum_{i=1} \mu(Ei) \quad \text{أو} \quad P(B/A) = \frac{P(B \cap A)}{P(A)}$$

قانون سطوع الضوء لأبنيه

Abney's Law of Luminosity

قانون فيزيائي وضعه عام (1877) الكيميائي الإنكليزي

[السر وليم دو ويفليزلي أبنيه (Sir William de Wiveleslie Abney (1844-1920]

يختص هذا القانون بسطوع الضوء وبالإمكان تفسيره والاطلاع على مضمونه باختصار باستطلاع مختلف التوضيحات التي وضعها جمهره من الكتّاب إليك بعض منها:

• يُعرف مقدار سطوع مصدر ضوئي معين بأنه عبارة عن حاصل جمع قوى كافة مكونات أي طيف كان قد نتج من تحلله.

المصدر: معجم فيزياء علم طبقات الأرض والفيزياء الفلكية وعلم الفلك لمؤلفه (ريتشارد أ. مازنر - Richard A. Matzner).

• تجمع مقادير سطوع الأضواء ذوات الألوان المتباينة خطيا، ويساوي مقدار سطوع مصدر مركب حاصل جمع كافة مقادير عناصر السطوع الضوئي المكونة له.

المصدر: الصور المجسمة والمناظير ثنائية العدسات لمؤلفيه (ايان ب. هورد - Ian P. Howard) وزوجته (آن ب. هورد - Aan p. Howard).

• يمثل الضوء الواصل إلى أي نقطة معينة من سطح معلوم: حاصل جمع كافة خطوط الأشعة الضوئية الوافدة إلى تلك النقطة من ذلك السطح.

المصدر: التصميم الميسر لإضاءة المباني لمؤلفه (مارك شلر - Marc Schiler).

قاعدة ألن لهيئة الأجساد

Allen's Rule of Body Form

مبدأ بيولوجي وضعه عام (1877) عالم الحيوان المختص الأمريكي [جويل آسف ألن (1838-1921) Joel Aseph Allen].

لخص مضمونه (روبرت ب. اكهارد - Robert B. Eckhard) في كتابه الموسوم (علم الأجناس البشرية الحيوي) بأنه يوضح ويفسر علاقة هيئة الأجسام بدرجة حرارة المحيط الذي تعيش فيه.

وينص على **أن الأحجام التشريحية النسبية لمختلف استطالات أجساد الكائنات ذوات الدم الحار[1] مثل الأطراف والذيول والآذان، لابد وأن تقصر كلما قلت معدلات الحرارة النسبية السنوية.** ويمكن الاستنتاج وببساطة حاجة الكائنات التي تعيش في المناطق التي تمتاز بدرجات حرارتها المنخفضة على مدار السنة إلى الاحتفاظ بأكبر قدر ممكن من الحرارة في أجسامها ثابتة في الأجواء الباردة، وحاجة الكائنات القاطنة في المناطق الحارة إلى إشعاع أكبر قدر ممكن منها لنفس الغرض.

أما الكاتب (روجر لون - Roger Lewin) فقد بين شرح هذا المبدأ في مؤلفه الموسوم (تطور الجنس البشري: مقدمة مصورة) كما يلي: (تمتاز مجاميع الفصائل الحيوانية التي تعيش في مجالات جغرافية واسعة ممتدة باكتسابها أطرافا (أيدي وأرجل) تمتاز بطولها عند تواجدها للمعيشة في الأجواء الحارة مقارنة بمثيلاتها التي تعيش في الأصقاع الباردة. وبالإمكان الاستكانة إلى هذا المبدأ لتفسير المشاهدات المعتادة من أن أطراف سكان المناطق الاستوائية غالبا ما تميل إلى كونها أطول وأنحف من أطراف سكان المدارات العليا والمناطق الباردة كونها تؤهل أجسام حامليها وتمكنهم من فقدان كميات أكبر من الحرارة ضمن تلك الظروف).

(1) (هي الحقيقة ذوات الدم ثابت درجة الحرارة - المترجم)

فسر الباحث (بول ب. ويزس - Paul B. Weisz) في كتابه الموسوم (المشاهد التكميلية - قــراءات في طبيعــة ومجتمعات ومحيط الجنســ البشري وتصرفاته) حقيقــة اكتساب سكان الصحراوات لبنيتهم النحيفة بالاستناد إلى مبدأ (ألن) هذا.

قانون نرنست لفروق جهد الأقطاب الكهربائية

Nernst's Law of Electrode Potentials

قانون كيميائي اكتشفه عام (1880)

الكيميائي الألماني [والتر نرنست (1864-1941) Walther Sir. Nernst].

يمكن وصفه استنادا إلى (معجم النظريات) لمؤلفته (جنفر بوثاملي – Jennifer Bothamley) بأنه القانون الذي يحدد ويصوغ مدى التراكيز التي يعتمد عليها تقدير فرق الجهد القابل للانعكاس لقطب كهربائي فاعل. ولعل خير تعبير لهذا القانون يمكن وضعه رياضيا على الشكل التالي:

$$E = E^0 + [RT/zF] \times \ln a$$

حيث E تمثل فرق الجهد المسلط على قطب كهربائي ما في حاله كون التيار المار به يساوي صفرا، على أن يكون ذلك قطبا تبادليا مغمورا في محلول يحتوي على ايون ما بتكافؤ يساوي (z).

و E^0 – هي فرق الجهد الكهربائي القياسي لعين ذاك القطب.

و R – هو ثابت الغاز.

و T – هي درجة الحرارة.

و F – هو ثابت فراداي (The Faraday Constant)[1].

و $\ln a$ – هي مقدار فعالية الأيون المعني في المحلول.

أما أبسط توضيح لقانون نرنست هذا فقد ساقه كل من (اندرو و. باتجلر – Andrew w. Batchelor) و (لو ني لام – Loh Nee Lam) و (ماركام جاندرا سيكاران –

(1) ثابت فراداي – Faraday's Constant: ويعرف بأنه مقدار الشحنة الكهربائية التي يحملها ورن معياري واحد من الإلكترونات ويمكن اشتقاق قيمته رياضيا بضرب قيمة الشحنة الكهربائية التي يحملها الإلكترون الواحد بعدد افوكادرو من الإلكترونات. والقيمة المقبولة له تساوي: [F= 96485.3399(24) C/mol] وتقابله في النظام الدولي (SI) للمقاييس وحدة الكولوم.
أما فراداي فهو كيميائي وفيزيائي إنكليزي ساهم بتطوير علمي الكيمياء، – الكهربائية والمغناطيسية الكهربائية. (المترجم). راجع مدخله المفصل بداية من صفحة (549) من هذا الكتاب. (المترجم).

Margam Chandra Sekaran) في مؤلفهم المشترك الموسوم – أثر الهندسة السطحية المتقنة في السيطرة على سرعة انحلال المواد – وكما يلي: (يفسر قانون نرنست – وببساطة – تأثير تراكيز المواد المتباينة المذابة في المحاليل ودرجة الحرارة على مقادير فرق الجهد الكهربائي الناتجة من التفاعلات الكهروكيميائية) – أهلت الأبحاث الفـذة التي قام بها (نرنست) في مجال (الكيمياء – الحرارية) إلى ترشيحه لنيل جائزة (نوبل للكيمياء) والتي نالها بالفعل عام (1920). حفلت حياة مضيفنا بالنادر من الأحداث فلقد امتاز باختراعاته الملفتة إضافة إلى كونه مُنظِّرا فذا، ومن تلك الاختراعات عمله الدؤوب لتطوير المصباح الكهربائي حتى تمكن من اختراع ما يعرف (بمصباح نرنست) ذي الجسم المصنوع من السيراميك، كما تمكن من اختراع البيانو الكهربائي الذي عوض عن الحاجة إلى صندوق تضخيم الصوت والذي يعتبر العمود الفقري لكافة الآلات الموسيقية الوترية فأمكن بذلك الاستعاضة به عن الأسلاك ومضخمات الصوت التي كان لابد أن تُربط بتلك الصناديق. أسدل الستار على حياة هذا العبقري بعد فترة من مقتل كلا ولديه في الحرب العالمية الأولى (1914–1919) الأمر الذي أورثه جزعا شديدا، فووري الثرى.

قانون راول لضغط البخار

Raoult's Law of Vapor Pressure

قانون كيميائي وضعه عام (1882)

الكيميائي الفرنسي [فرانسوا راول (1830-1901) Francois Raoult]

وينص على اعتماد الضغط البخاري لأي من مكونات المحلول المثالي على الضغط البخاري لتلك المكونات وعلى النسبة المعيارية لكل مكون منها في ذلك المحلول على حدة.

ويمكن التعبير رياضيا عن هذا القانون بما يلي:

$$P1\,X1 + P2\,X2 + ...,$$

حيث يمثل Pt - كامل الضغط البخاري لمحلول ما.

و $P1$ - مقدار الضغط البخاري لكل مادة مذابة في المحلول على حدة

و $X1$ - مقدار الكسر المعياري أو نسبة تواجد ذلك المركب في المحلول المعني.

صنف (نيل ملك مانس - Neil Mc Manus) في كتابه الموسوم - الصحة والسلامة في الفضاءات المغلقة - أنواع المحاليل حسب طريقة امتزاج مكوناتها إلى ثلاثة أصناف: كاملة الامتزاج وجزيئة الامتزاج وعديمة الامتزاج، ففي المحاليل المثالية والتي تعرف بأنها المحاليل الحاوية على نوعين أو أكثر من السوائل التامة الامتزاج، يتم التأثير المتبادل ما بين جزيئات المذاب والمذيب بنفس الطريقة والأسلوب التي يتم بها ما بين جزيئآت المذاب والمذاب وما بين جزيئات المذيب والمذيب. أما أهم تطبيقات قانون (راول) هذا فهي بتوفيره الأسس العلمية والمعادلة اللازمة للتنبؤ بمقادير الضغط البخاري لمكونات المحاليل المثالية في ظروف وحالات استقرارها، كما يمثل الأساس العملي لتقنية (التقطير) التي تستعمل لفصل مكونات محلول ما وعزلها بصورة شبه نقية وذلك بالاعتماد على اختلافها في درجة غليانها وقابلية تطايرها. (وللاستزادة حول هذا الموضوع راجع

.(SAT .Subject Tests: Chemistry 2005-2006 by Kaplan، Inc)

قانون فان هوف للضغط التنافذي

Van't Hoff's Law of Osmotic Pressure

قانون كيميائي توصل إليه عام (1885)

الكيميائي الدنماركي [جاكوبس فان هوف (1852-1911) Jacobus van't Hoff]

وينص على اعتماد مقــدار الضغط التنافذي لمحلول ما على مقدار تركيز الجزيئات الفعالة تنافذيا فيه وفقا للمعادلة التالية:

$$\pi V = nRT \text{ or } \pi = C \times RT$$

حيث π تمثل - مقدار الضغط التنافذي

و V - حجم المحلول

و n - عدد الأوزان المعيارية من المادة المذابة في المحلول.

و c - مقدار تركيز المادة المذابة.

و R - ثابت الغاز.

و T - درجة حرارة المحلول مقاسه بدرجات كالفن المطلقة.

ويبين القانون حقيقــة التناسب الطردي بين مقدار تركيز المــادة المذابة وضغطها التنافذي في المحلــول، بمعنى زيادة الضغط التنافذي لأي مادة مذابــة إذا ما زاد تركيزها فيه، ويصدق ذلــك بالأخص على تصرف المحاليــل ذوات التراكيز المتدنية. وبعبارة أخرى يزداد تدفق الماء مــن الوسط المحيــط بمحلول مركز إليه كلما زاد تركيز المــادة المذابة فيه. وبالإمكان ملاحظة هــذه الظاهرة مختبريا إذا ما فصلنا المحلــول المركز عن الوسط المائي المحيط به بغشاء شبه نفاذ (كالسيلوفــين). ولزيادة توضيح هــذه الظاهرة وفهمها دعنا نتخيــل وجود محلولين مختلفي التركيــز يفصل بينهما غشاء شبه نفاذ، فإذا ما بلــغ فرق الضغط التنافذي بينهما (على جانبي الغشــاء) مدى فعالا بسبب تباين تراكيز المــادة المذابة فيهما كما أسلفنا، فإن الماء لابد أن ينفذ خــلال الغشاء وينتقــل من المحلول ذي الضغــط التنافذي الأقل باتجــاه المحلول ذي الضغط

التنافـذي الأعلى. ولعل خير تجربة مختبرية بسيطـة لتأكيف ذلك هي بوضع كمية من كريات الـدم الحمراء الطبيعية داخل أنبوب مملـوء بالماء المقطر وفحصها تحت المجهر بعد فترة وجيزة مـن الزمن ومقارنتها بمثيلاتها قبل وضعها في ذات الأنبوب حيث سيظهر الفحص المجهري انتفـاخ وتكـوّر الكريات المأخوذة مـن الأنبوب بالنظر لتدفق المـاء إلى داخل وسطها الأكثر تركيزا مما قد يؤدي إلى انفجارها بعد حين.

لابد ختاما من ملاحظة أن المعنى بقيمة (π) هو مقدار الضغط الواجب تسليطه على سطح المحلول الحاوي على التركيز الأعلى من المذاب والكافي لمنع تسرب جزيئات المذيب إليه من جهة الغشاء الحاوية على التركيز الأقل من المذاب ولا نعني به مقدار الضغط الذي تسلطه المادة المذابـة ذاتها من داخل محلولها على محيطها. (وللاستزادة انظر: BRS Physiology by Linda S. Costanzo).

قانون رامزي - يونك للضغط البخاري

The Ramsay - Young Law of Vopor Pressure

قانون كيميائي توصل اليه عام (1885) العالمان:

الكيميائي الأسكوتلاندي [السر وليم رامزي (1852_1916) Sir William Ramsay] **ومساعده في جامعة برستول** (Bristol U.) **في إنكلترا [سدني يونك** Sidney Young 1857_1937].

ينص على تغيير العلاقة النسبية بين درجتي الغليان المطلقة لمادتين (A) و (B) **تحت مختلف ظروف الضغط البخاري خطيا مع درجتي حرارتيهما.**

عبر (ف. ك. كراك – F. C. Kracek) عن هذه العلاقة رياضيا بالمعادلة التالية:

$$(TA / TB)p = (TA / TB)\ p\ o + c(T - To)\ B$$

حيث P يمثل – الضغط البخاري النهائي للمزيج.

و P_o – الضغط البخاري الابتدائي للمزيج.

و T – درجة حرارة المزيج النهائية (بدرجات كلفن المطلقة).

و T_o – درجة حرارة المزيج الابتدائية (بدرجات كلفن المطلقة).

و C – ثابت.

والتي نشرها في – مجلة الكيمياء الفيزيائية – عام (1930) ضمن بحثه الموسوم (علاقة الضغوط البخارية للمحاليل بقاعدة رامزي – يونك). عبرت (جنيفر بوثاملي – Jennigor Bothamley) في (معجم النظريات) الذي كتبته عن هذا القانون بأسلوب شيق مختصر واف وعلى الشكل التالي: لا علاقة للنسبة بين حرارتي مركبين كيميائيين متماثلين بتركيبهما وبضغطهما البخاري تحت ظروف حرارية (مطلقة) مختلفة بذلك الضغط.

اشتهر (رامزي) بولعه بدراسة ووصف الغازات النبيلة فقد تمكن من تسمية غاز (الاركون – Ar) كما نجح باكتشاف غازات (النيون) و(الكربتون) و(الزينون) وتوج إنجازاته بحصوله على (جائزة نوبل) للكيمياء في عام (1904).

قانون كثافة كاليتيه - ماتيه

The Cailletet - Mathias Law of Density

قانون كيميائي اكتشفه عام (1886) العالمان الفرنسيان:
الفيزيائي [لوي كاليتيه (1832_1933) Louis Cailletet]
والكيميائي [ايميل ماتيه (1861_1942) Emile Mathias]

وينص على **العلاقة الخطية بين معدل كثافة سائل ما وبخاره المشبع مع درجة حرارته.** إلا أن الاستدراك هنا واجب لبيان حقيقة شذوذ المعادن المسالة عن هذا القانون وفي درجات معينة. أعاد (كارل و. هول – Carl W. Hall) في كتابه (نماذج وقوانين: في العلوم والهندسة والتكنولوجيا) صياغة هذا القانون لغويا فصار ينص على: وجود العلاقة أو الدالة الخطية بين المعدل الحسابي لمجمل كثافات سائل مستقر وبخاره المشبع وبين درجة حرارته. ويعبر عن ذلك رياضيا بالمعادلة التالية:

$$(d_l + dv) / 2 = A + Bt$$

حيث يمثل (d1) و (dv) كثافتي كل من السائل وبخاره على التوالي.

و (A) و (B) ثابتان يتعلقان بالسائل قيد الدرس، حيث لابد أن تكون قيمة (B) سالبة.

و (t) – درجة حرارة السائل مقاسة بالدرجات المئوية – السيليسية –.

لقد تم تحوير هذا القانون في عام (1900) من قبل الكيميائي البريطاني [سدني يونك (1857–1937) Sidney Young]، كما يمكن الرجوع إليه تحت اسم آخر هو قانون (كاليتيه – ماتيه للأقطار الخطية).

قانون دول للتطوّر

Dollo's Law of Evolution

قانون بيولوجي وضعه عام (1890) المؤرخ وعالم الحفريات البلجيكي - فرنسي المولد [لوي دول (1857-1931) Louis Dollo]

والذي يمكن اختصاره بالجملة المفردة القاطعة التالية - **لا رجعة في التطور** -، أما تفصيل ذلك فيمكـن فهمه من حقيقة استحالة استعـادة الحصول على أي من الأعضاء أو الفعاليات التي تم فقدانها من قبل أي كائن حي عبر الزمن بعكس نفس طريقة التطور التي فقدها فيها بالضبط.

هـذا وينص (قانون دول) والذي يعتبر من مسلمات نظرية التطور على **اسـتحالة تقهقر تطور أي كائن حي وعودته إلى الحالة التي كان عليها عن طريق عكس عين المسار الوراثي (المفقود) الذي سلكه للوصـول إلى حالتـه الراهنة**. ولكن بإمكانه (إن حالفه الحظ النـادر) أن يجد مسالك مغايرة يتم انتخابها عن طريق انتقاء سلاسل الأحداث والخطوات التطورية عشوائيا فقط.

ولتوضيـح ذلك دعني أسوق المثال التالي على لسان المؤمنين بنظرية التطور؛ يستحيل على الحيتـان سلوك سلسلة التغيرات عبر طريـق تطورها عودة إلى إمكانية رجوعها كائنات تمشي على اليابسة من خلال عكس التطور الطبيعي وتكيف لواحق حوضها إلى زعانف والتي تعتبر بقايـا مطورة لما يقابل الأرجل والأطراف الخلفيـة لـدى الإنســان وحيوانـات اليابسة على التوالــي. (وللإيضـاح انظـر:

The Long and the Short of It: More Essays on the Fiction of Gene Wolfe، by Robert Borski)).

لقـد بسط الكاتـب (ريتشـارد داوكنـز - Richard Dawkins) في مؤلفـه الموسوم (الساعاتـي الكفيف: كيف أثبـت التطور حقيقة فقدان النظام في الكـون) بقوله إن (قانون دول) هـذا ما هو إلا تصريح رياضي مفاده مقاربة الاحتمالية الإحصائية الصفرية (بمعنى شبه استحالة) لسلوك ذات المنحى التطوري (أو أي سبيل أو مسار آخر) مرتين، صعودا كان ذلك

أم هبوطا. وقد نتفق هنا في هذا المجال على احتمال وإمكانية عكس خطوة أو طفرة تطورية واحدة ولكننا لابد أن نتفق بأن احتمالية إعادة الملايين الملايين من الطفرات الوراثية القهقرى لابد (وإن حصلت) أن تكون من الضآلة بمكان يجعلها أقرب إحصائيا إلى (الصفر) منها إلى أي شيء آخر.

يطرح (كارل و. هول – Carl W. Hall) في كتابه الموسوم (نماذج وقوانين: في العلوم والهندسة والتكنولوجيا) مفهوما توضيحيا حول إشكالية إعادة التطور (أو الطفرات) الوراثية إلى الوراء بقصد استعادة ما تم الاستغناء عنه وتحويره من صفات و/أو أعضاء لدى الكائنات الحية، مفاده أن احتمالية التطور طبيعيا (أو بالطفرات الوراثية) هو احتمال قائم لاشك في ذلك، كما ويمكن إضفاء المصداقية وإمكانية حدوث التطور العكسي بمعنى فقدان المواصفات التي تم اكتسابها عن طريق التطور الطبيعي، هذا من جهة ولكن لابد لنا من الإقرار باستحالة استعادة الصفات التي فقدت بنفس هذا الأسلوب من جهة ثانية.

يناقش بعض علماء وباحثي الأحياء والوراثة نظريات أخرى مفادها تعليل التطورات والتغيرات الوراثية وإرجاع أسبابها إلى جينات قد سبق إحباطها طبيعيا أو مختبريا ويطرحون احتمالية استعادة ظهور بعض الصفات التي فقدت بتلك الطريقة بواسطة إعادة تنشيط الجينات التي تم إحباطها آنفا. وقد نصادف في ممارساتنا الطبية أمثلة طبيعية تؤكد نكوص الخط التطويري في أحيان نادرة كمثل ظهور (حُلَم) إضافية أو ثدي ثالث لدى إناث البشر أو فشل ضمور الأغشية (الصفاقية) ما بين أصابع الأرجل. (وللاستزادة انظر:

Michael Le Page، "The Ancestors Within All Creatures". New Scientist، January 13، 2007.)

قانون لزوجة الغازات لسوذرلاند

Sutherland's Law of Gas Viscosity

قانون يطبق في مجالي الكيمياء والفيزياء اكتشفه عام (1893): العالم النظري الفيزيائي الأسكوتلاندي [وليم سوذرلاند William Sutherland 1859_1911]

ويتضمن تقنين العلاقة بين لزوجة (η_T) غاز ما في درجة حرارة معينة (T) ولزوجته (η_0) في درجة حرارة قياسية أخرى (T_0)، ويكتب القانون رياضيا على الشكل التالي:

$$\frac{\eta_T}{\eta_0} = \frac{T_0 + S}{T + S}\left(\frac{T}{T_0}\right)^{3/2} .$$

حيث تمثل S – ثابت سوذرلاند ويعبر عن الحرارة بدرجات الحرارة المطلقة (كالفن).

ولـد (سوذرلانـد) في منطقة (كلاسكو) شمال بريطانيا ولكـن سرعان ما هاجرت عائلته لتستقـر في أستراليـا ولما يبلغ ريعان صباه بعد. ولعل في الطرح التالي مثالا آخر يدل بوضوح على إمكانية توصل عالمين أو أكثر إلى ذات الاستنتاج العلمي كل على انفراد ودون أدنى علم لأحدهما بالآخر.

لقد تمكن (سوذرلاند) من اشتقاق العلاقة التي تربط معامل نفوذية مذيب ما بدرجة لزوجته وبقطر الجزيئات النافذة، تلك العلاقة التي نشرها عام (1905) في (نيوزلاندا) بعد أن ألقاها في مؤتمر علمي هناك في العام السابق (1904). أما (اينشتين) فقد تمكن من نشر ذات المعادلة التي ضمنها أحد أبحاثه حول طبيعة الحركـة البراونية[1] (Brownian Motion) وذلك فـي وقـت لاحق من عام (1905)

وكان قد توصل إليها عن طريق ذات السلسلة المنطقية من التفكير الرياضي والحدس العلمي

(1) هي طبيعة الحركة العشوائية التي تنتهجها الجزيئات المعلقة في محلول.(المترجم).

التي سبــق وأن قادت (سوذرلاند) لها. أما اليوم فمعادلة الصفات النفوذية والتي لابد لها أن تسمى باسم مكتشفَيها كمعادلة (سوذرلاند – اينشتين للتنافذ) صارت تعرف منذ ذلك الحين وإلى اليوم وبكل بساطة باسم معادلة (اينشتين للتنافذ) وهكذا طمس العالم حق هذا العالم في تسميته حقه باسمه شأنه وما يذهب إليه غالبا إن لم نقل دائما.

والحدس العلمي الذي سبــق وأن قاد (سوذرلاند) لها. أما اليوم فمعادلة الصفات النفوذية والتــي لابد لهــا أن تسمى باسم مكتشفَيها كمعادلة (سوذرلانــد – اينشتين للتنافذ) صارت تعــرف منذ ذلك الحين وإلى اليوم وبكل بساطة باسم معادلة (اينشتين للتنافذ) وهكذا طمس العالم حق هذا العالم في تسميته حقه باسمه شأنه وما يذهب إليه غالبا إن لم نقل دائما.

قانون القوى (الكهربائية المستقرة والمغناطيسية) للرونز

Lorentz Force Law

قانون فيزيائي ابتدعه عام (1895)

الفيزيائي الألماني [هندريك لورنز - 1853-1928) Hendrik Lorentz)]

وينص على أن الصيغة الرياضية للمعادلة التي تحدد القوة (*F*) المؤثرة على جزيئة ما تحمل شحنة كهربائية مقدارها (q) وبسرعة مقدارها (v) استقرت في حقل مغناطيسي قيمة حثه *B* يصاحبه حقل كهربائي قوته E، هي

$$\mathbf{F} = q\,(E + v \times \mathbf{B})$$

وتوضح هذه العلاقة حقيقة تأثير القوة الكهرومغناطيسية الكاملة (F) على جزيئة ما صادف وجودها في مجال حقلين الأول كهربائي والآخر مغناطيسي.

تبرز أهمية هذه المعادلة في نجاحها مرارا وتكرارا في التجارب المختبرية التي صممت لاختبارها حتى ارتقت إلى منزلة القانون التام. هذا من جهة، ومن جهة أخرى تم تأكيد صمودها باستخدام جزيئات ذرية دقيقة كالإلكترون وهو منطلق بسرع هائلة تقرب من سرعة الضوء. فتم بواسطتها إثبات استقرار وحدة الشحنة الكهربائية الموشحة للإلكترون من ناحية المفهوم النسبي وعدم تأثير قيمتها مهما بلغت إزاحتها. ساهمت هذه المعادلة مع (معادلات ماكسويل) في إرساء دعائم علم الديناميكا الكهربية وتوحيده.

(للاستزادة انظر: Electrodynamics of Solids and Microwave Superconductivity by Shu-Ang Zhou.)

الفصل الرابع

القرن العشرون (1900) وما بعده

قانون التمدد الحراري لكرونيسن

Gruneisen's Law of thermal Expansion

قانــون فيزيائــي اكتشفــه عــام (1908) الفيزيائي الألماني
[ادوارد أ. كرونيسن (1877_1949) Eduard Gruneisen]

وينص على مـا يلي: (حسـب معجم النظريات لجنيفر بوثاملـي) تبقى نسبة تمدد معدن مـا إلى قابلية حرارته النوعية ثابتة وعلى مدى واسـع من درجات الحرارة، إذا ما ظل الضغط المسلط عليه ثابتا، ويمكن إعادة صياغة القانون بطريقة أخرى حسب ما جاء به (كونثر هارتوك – Gunther Hartwig) في مؤلفه (صفات اللدائن في درجات حرارة الغرفة وعند درجـات البرودة القصـوى) لينص على تناسـب معامل التمدد الحـراري (∝) للمعادن مع حرارتها النوعية (c). وبالإمكان التعبير عن قانون (كرونيسن) رياضيا بالشكل التالي:

$$\alpha = (13/)(\rho/K)\gamma c$$

حيث ρ – هي كثافة المعدن

و K – هـو ثابـت يمثـل ممانعـة المعـدن للانضغاط (Bulk Modulus)[1]

و γ – هو بعد كرونيسن[2]

(1) Bulk Modulus – ثابت ممانعة الانضغاط ويمثل مقلوب قابلية انضغاط أي مادة ويعرف بأنه مقدار الضغط اللازم تسليطه على حجم معين من معدن لإحداث نقص نسبي فيه – (المترجم).

(2) Gruneisen Dimention: ويعـرف بأنـه مقدار التغيير في بنية الكيان البلوري لمعدن مـا نتيجة لتعرضه لتغيير في درجة حرارته – (المترجم).

قانون سابين لمواصفات الصدى

Sabine's Law of Acoustics

قانون فيزيائي عمل على إيجاده وأوجده بالفعل عام (1910) العالم البريطاني [والس سابين (1868-1919) Wallace Sabine]

قبل شرح القانون دعني أولا أعرف مصطلحا مهماً في هذا الخصوص وهو زمن الارتداد الموجي (Reverbration Time) ودعنا للبساطة تسميته بـ (الصدى) ويعني الزمن اللازم لتدني شدة الصوت إلى مقدار يساوي [10 عشرة مرفوعة إلى القوة السالبة السادسة] واحد من مليون من قيمتها الأصلية، كما أنه قد يعرّف بأنه عدد الثواني اللازمة لتدني شدة الصوت بمقدار (60) ستون ديسي بل[1].

ينص قانون (سابين) على **تناسب زمن الارتداد الصوتي (أو الصدى) لأي مسرح أو قاعة مع حجمها مقسوما على كامل قيمة الامتصاص الصوتي لها.**

بدأ (سابين) أبحاثه وتجاربه بهذا الخصوص عام (1885) عندما اكتشف المعنيون عيوبا فائقة في المواصفات الصوتية لقاعة متحف (فوغ – Fogg) للفنون، حينها لم يجد عميد (جامعة هارفرد) مناصا من استدعاء أستاذ الفيزياء الشاب في الجامعة (سابين) والرجاء منه عمل (شيء ما) حيال تلك المشكلة. شرع (سابين) بعمله بالقيام بالعديد من التجارب الصوتية التي شملت مختلف قاعات المحاضرات والتدريس في الجامعة مستخدما أنواعا متعددة من حشوات كراسي الجلوس بمواصفات امتصاص صوت مختلفة، كما استخدم أنابيب آلة (أُرغن) متنقلة من أجل إصدار الأصوات واختبار جودة الاستماع إلى ألحانها بالإضافة إلى ساعة توقيت وحاسة أذنه الموسيقية. كل ذلك لتحديد الاختلافات وإجراء القياسات. استمر

(1) The Decibel : وحدة قياس فيزيائية لمقدار الطاقة والشدة وتعني النسبة بين كميتين كهربائيتين أو صوتيتين وتساوي 10 أضعاف اللوغارتم الطبيعي لتلك النسبة. وسميت نسبة إلى [الكسندر كراهام بل (1847-1922) Alexander Graham Bell] وهو عالم حصيف ومخترع بارع ومهندس فذ ومبتكر أصيل. يعود إليه فضل اختراع أول جهاز هاتف عملي في العالم. (المترجم).

في عمله على هذا المنــوال حتى تمكــن من وضــع قانونـــه (**قانــون سابين للصــدى**). ولمزيد من الإيضاحات انظر:

(Sound System Engineering، by Carolyn Davis and Don Davis).

قانون جايلد لتيار ثنائي الأقطاب (الدايود)

Child's Law of Diode Current

وضع هذا القانون الفيزيائي المهم لشبه الموصلات عام (1911) الفيزيائي الأمريكي [سلمنت دكستر جايلد (1868-1933) Clement Dexter Child]

ينص على تناسب تيار المجال المحدود بالشحنة [The space charge - limited current-(SCLC)] لثنائي أقطاب (دايود) طرديا مع الأس (3/2) لفولتيه الانود وعكسيا مع مربع المسافة الفاصلة بين قطبي الانود والكاثود. وعلى القراء المهتمين بالاستزادة في مجال مثل هذه التيارات الكهربائية الرجوع إلى الكتاب الموسوم:

(Dielectrics in Electric Fields، by Gorur G. Raju)

مبدأ جيجر - نوتال لطاقة الجزيئات المشعة

The Geiger - Nuttall Rule of Particle Energy

مبدأ من مبادئ الفيزياء الذرية اكتشفه عام (1911) عالمان هما: الفيزيائي الألماني [هانس ولهلم جيجر (1882_1945 Hans Wilhelm Geiger] **والفيزيائي البريطاني [جون نوتال** (1890_1985 John Nuttall]

وينص على اعتماد طاقة جسيمات ألفا (λ) المنطلقة من مختلف (نيوكليدات)[1] مجموعة مشعة على نصف العمر الزمني لكل (نيوكليد) وذلك وفق المعادلة التالية:

$$\ln(\lambda+c)= \ln R$$

حيث يمثل λ – ثابت التحلل الذري لكل نيوكليد

و c – ثابت خاص بالمجموعة المشعة كاملة

و R – مدى جزيئات الفا (α) في الوسط المعني.

يذكر كل من (نيلز ويبرك – Nels Wiberg) و (أ.ف. هولمن – A.F. Holleman) و (ايكون ويبر – Egon Wiber) في كتابهم المعنون (كيمياء هولمن – ويبرك اللاعضوية) ما مفادة إمكانية حساب قيمة ثابت تحلل (أو نصف عمر) العناصر القلقة – أي ذوات الأعمار القليلة باستعمال قاعدة (جيجر – نوتال) وهي:

$$\lambda= -37.7+ 53.9 \times \log- R$$

لمجموعة عنصر اليورانيوم المشعة، وبالإمكان الاستنتاج من ذلك بأن ثابت التحلل (λ)[2] (لعنصر اليورانيوم) ذي الوزن الذري (214) والعدد الذري (84) والذي يبلغ مدى

(1) (Nuclide) – ويعرف بأنه نواة ذرة عنصر ما بما تحويه من البروتونات والنيوترونات اللاتي يكوّن الوزن الذري لذلك العنصر. أما مجموعة عنصر ما فيقصد بها مختلف النظائر (Isotopes) التي تؤلف لفيف (النيوكليدات) التابعة له. (المترجم).

(2) Decay Constant[λ]: هو ثابت المعادلة التفاضلية التي تحكم التحلل الأسي لمادة تنقص بدالة متناسبة مع حجمها: هكذا، $dN/dt= -\lambda N$، أي أن $N(t)= N_0 e^{-\lambda t}$

حيث $N(t)$ = مقدار حجم المادة في الزمن (t)

و (e) = مقدار اللوغارتم الطبيعي. (المترجم).

جزيئات الفا (∝) في وسطه (R = 6.6 cm) يبلغ حوالي (10000).

ينسب إلى (معجم علم المواد وفيزياء الطاقات الفائقة) لمحرره (دبك ك. باسو – Dipak K. Basu) تأكيده على العلاقة العكسية بين مقدار الطاقة المتبدية من عنصر ما عن طريق جزيئات ألفا (∝) التي يشعها وبين نصف عمره المفترض. وبالإمكان رسم المنحنيات البيانية المتناسقة لأنوية مختلف العناصر الحاوية على نفس العدد الذري (z) رغم وجود بعض الاستثناءات. أما تفسير ذلك فكان من ضمن الإنجازات المتقدمة التي أتحفتنا بها نظرية (ميكانيكا الكم) فيما يخص المعمار النووي.

يصوغ موقع الموسوعة الإلكترونية (الويكابيديا) المعادلة الحديثة للقانون رياضيا بالشكل التالي:

$$\ln\lambda = -a_1 (Z/\sqrt{E}) + a_2$$

حيث يمثل Z – العدد الذري للعنصر.

و E – مقدار كامل الطاقة الحركية لجزيئات ألفا (∝) المنبعثة والنواة الفتية الناتجة.

و a_1 و a_2 – ثوابت العلاقة.

قانون امتصاص الفوتونات لأينشتين وستارك

The Einestein - Stark Law of photon Absorption

قانون كيميائي مختص بالكيمياء الضوئية ابتدعه عام (1912) العالمان: الفيزيائي الأمريكي - ألماني المولد [البرت اينشتين (1879_1955) Albert Einstein] والفيزيائي البافاري [يوهانس ستارك (1874_1957) Johannes Stark]

وينص على أنه **لا يسع أي ذرة في جزيئه إلا أن تمتص فوتونا واحدا فقط عند تعرضها لتفاعل كيميائي - ضوئي معين.**

راجع (Chemical Oceanography، by Mary L. Sohn) كما يمكن صياغة نص هذا القانون بالشكل التالي: لا يسع امتصاص وحدة كميمية واحدة من الطاقة الإشعاعية إلا أن تولد درجة واحدة من درجات التحفيز الضوئي. راجع (The Organic Chemistry Problem Solver by James R. Ogden)

وبإمكاننا وضع التعبير الختامي التالي لهذا القانون كما يلي: في تفاعل كيميائي – ضوئي مقنن لا يسع امتصاص فوتون واحد من الطاقة الضوئية إلا إحداث تغير واحد فقط في إحدى جزيئات المادة الحساسة المعنية الداخلة في ذلك التفاعل، إلا أن الملاحظ في التفاعلات الكيموضوئية متعددة المراحل (كعملية التمثيل الكلوروفللي أو ما تسمى بعملية التركيب الضوئي في النبات) حاجة الجزيئة الواحدة من مركب ثاني أوكسيد الكاربون المختزل (لأجل ربطه وإدخاله ضمن جزيئة الكلوكوز الناتجة) إلى حوالي (8–20) فوتوناً ضوئياً لإتمامها. (راجع كتاب:

The Silver cultural Basis for Agroforesty Systems edited by، Mark S. Ashton and Florencia Mantagnini

لاشك أن تاريخ حياة (اينشتين) وسيرته تحتاجان إلى أكثر من عجالة للإلمام بها، ولكن من الملفت للنظر والدهشة وجود العديد من المحطات المشوقة والانعطافات الملفتة في حياة (يوهانز ستارك) إليك لمحات منها.

ففـي عام (1919) حاز (ستارك) على (جائزة نوبـل) للفيزياء عن بحوثه المتميزة واعماله البارعة في نطاق (اكتشاف تأثيرات ظاهرة دوبلر في إشعاعات الأقنية وفصل خطوط الطيف في الحقول الكهربائية)، كما تمكن من نشر أكثر من (300) بحث علمي في حياته.

لقـد شكل (الفيزيائي اليهودي – اينشتين) غصة في حيـاة (ستارك) وشوكة في حلقه فلم يكن يطيقه أبدا كما لم يكُن يكِن أي حب أو ذرة احترام (لليهودي المتعجرف) الآخر (ورنر هايزنـبرك – Werner Heisenberg)، طفـح كيـل (ستارك) حينما نشـر (هيزنبرك – Werner Heisenberg)، دعمـه وإسنـاده لنظريـــة اينشتين النسبيـــة، الأمـر الذي دفعـــه إلـــى تجسيد حنقه علـى الاثنـين بنشـره لمقالة لاذعـة فـــي صحيفـــة البوليـس السـري الألمانـي المعروف بالـ SS والمسماة بـ (Das Schwarz Korps) يصف الأول (باليهـودي الأبيض)، وهي صفة مستهجنة في حينها، هذا وقـد استمر (ستارك) في منحاه مهاجمـاً عالمـي الفيزياء النظريـة الاثنين محذرا من خطر تحـول علم الفيزياء الذريـة في ألمانيا (النازية) إلى (علم يهودي بحت!)، داعيا إلى حفظ العلم بصورة عامة وفروع الفيزياء بصورة خاصة وجعلها ألمانية خالصة خالية من الجذور والأصول أو حتى من الفروع اليهودية، داعيا إلى تطهيرها منهم. حوكم (ستارك) بعد الحرب العالمية الثانية، وأدين من قبل إحدى المحاكم المختصة باجتثاث النازية التي قضت بسجنه لمدة أربع سنوات طوال عجاف.

قانون ليفت لبريق ولمعان النجوم

Leavitt's Luminosity Law

قانون فلكي ابتدعته عام (1912) الفلكية الأمريكية اللامعة [هنرييتا ليفت (1868ـ1921) Honrietta Leavitt]

يُعرّف (السيفيد المتغير - Cepheid Variable - [راجع الوصف التوضيحي له من قبل المترجم عند حاشية صفحة (929)] بأنها نجمة يتغير لمعانها بصورة دورية.

وينص قانون (ليفت) على تناسب دورة (نجوم السيفيد المتغيرة) طرديا مع درجة لمعانها، بمعنى زيادة الفترة اللازمة لها لإنهاء دورتها كلما زادت شدة تألقها ولمعانها، أما المقصود (بالدورة هنا) فهي الفترة الزمنية اللازمة لتلك النجوم والسدم لإكمال حالتين متعاقبتين (الأولى) حالة الخفوت والثانية حالة التألق واللمعان) والحالتان مهمتان جداً لتقدير المسافة الفاصلة بينها وبين النجوم والمجرات المجاورة و/أو البعيدة عنها.

عُينت (ليفت) – وعن جدارة – عام (1902) كعضو عامل دائم في مرصد (كلية جامعة هارفرد) الشهيرة، وهناك عكفت على دراسة المئات من الألواح الفوتوغرافية الحاوية على النجوم المتغيرة الموجودة في غمامة ماجلان(1)، وتمكنت بعد جهد جهيد وتعب مضن، وباستعمال التقنية المعروفة بالإسقاط(2) من اكتشاف المئات منها هناك.

أثنى العالم المعروف (شارل يونك Charles Young) والذي كان يشغل منصبا مرموقا في جامعة (برنستون - Princeton) آنذاك في رسالة خطية موجهة

(1) Magellanic Clouds – هما مجرتان قزمتان (الكبرى والصغرى) أعتقد سابقاً أنهما كانتا تدوران ضمن مجرتنا – درب التبانة – جاء ذكرها أول مرة في سجلات البابليين الفلكية على رُقمهم الطينية وذكرها الفلكي المسلم (الصوفي) عام 964، وذكر إمكانية رؤيتها في سماء منطقة باب المندب وليس في سماء بغداد. (المترجم)

(2) Superposition – تعني معالجة الصور الفوتوغرافية للنجوم في السماء وإطباقها الواحدة فوق الأخرى لتحديد أماكن النجوم والسدم والمجرات التي قد تظهر متقاربة جدا لفلكي الأرض. (المترجم)

إلـــى مديـــر مرصـــد كليـــة جامعـــة هارفـــرد البروفســـور (ي.ك بكرنك - .E.C Pickering) على الاكتشافات المذهلـة التي حققتها(ليفت) وأسبغ عليها الكثير من الإطراء وعبارات الاحترام والتقديـر، وترجم إعجابـه بهـا وبعملها قائلا: [ما أعجب هذه الآنسة الذكيـة الماكرة بـل وما أحذقها!!) فهي (نجمـة متغيرة) بحق، دائمة التقلـب والتغير والتألق لدرجـة أعجزتني ومن معي على متابعة إنجازاتها العلميـة واكتشافاتها الفلكية التي ما فتئت (تُمطرنا) بها!!].

أُسـدل الستار الحزين على حياة هذه المرأة اللامعة التي شاركت جل العظماء في الأسلوب المأسـاوي الذي عادة ما (تكرمهم!!) به الحياة عنـد وداعهم فلقد اختطفها داء السرطان ولما تتجـاوز ريعان العمر، حيث ووري جثمانها الثرى ولمـا يقل لسانها كل ما عنده، ولم يفصح عقلها عن كل ما فيه بعد!.

آمن الكثير من العلماء والمختصين المعاصرين واللاحقين لها بعبقريتها وبأهليتها لنيل (جائزة نوبـل) والتي كانـت - ولاشـك - ستنالها لولا أن تخطفتها من بين ظهرانيهم أصابع المنون. انظر كتاب (The Stars of Heaven) للمؤلف الدكتور (بكوفر).

قانون فريدل لانعكاس أشعة إكس

Friedel;s Law of X-Ray Reflection

قانون فيزيائي توصل إلى اكتشافه عام (1913) الفيزيائي الفرنسي
[جورج فريدل (1865_1933) Georges Friedel]

وينص على تساوي شدة انعكاسات الأشعة السينية (أشعة إكس) من الوجوه المتعاكسة لمستوى بلوري معين، ويمكن إعادة صياغته بلغة العلوم البلورية ودراستها (Crystallograply) وكتابته رياضيا بالشكل التالي:

$$I_{hkl} = I_{-h-k-l}$$

ويعني مركزية تناظر توزيع شدة الشعاع في منظومة استطارته.

حيث يعني **I** – شدة الأشعة السينية (Intensity).

و **h** – هو ثابت (بلانك).

و **k** – هو ثابت (بولتزمن).

و **l** – هو البعد المقاس ما بين سطحين أو وجهين لذات البلورة.

وتدل الإشارة السالبة على يمين المعادلة على عكس الاتجاه.

قانون موسلي لانبعاث أشعة إكس

Moseley's Law of X-Ray Emission

قانون فيزيائي وضعه عام (1913) الفيزيائي الإنكليزي [هنري موسلي (1887-1915) Henry Moseley]

يصف أسلوب توزيع شدة (أشعة إكس) على كامل طيف انبعاثها للعناصر. ولتوضيح هذا القانون أكثر ولفهم أهميته بإمكاننا ربط أكثر خطوط الأطوال الموجية القصيرة شدة لعنصر ما (على مدى طيف أشعة إكس) بعدده الذري بالمعادلة التالية:

$$\sqrt{f} = k_1 \cdot (Z - k_2)$$

حيث يمثل f – مقدار ذبذبة خط انبعاث أشعة إكس الأساسي

و Z – العدد الذري للعنصر.

k_1 ، K_2 – ثابتان يعتمدان على طبيعة خط الانبعاث المختار.

واضب (موسلي) على إجراء تجاربه بغية التوصل إلى قانونه المذكور واعتمد أسلوب تصويب (الأشعة السينية أشعة إكس) على العديد من المعادن (كأهداف) ومن ثم تحديد الأطوال الموجية لأطوال الخطوط الناتجة عن ذلك، ولقد أصبحت تلك الخطوط وأطوالها الموجية المحددة بدقة (كبصمة أصبع!) لكثير من المواد ولاسيما العناصر لتمييزها الواحد عن الآخر وبذلك اعتُمدت كطريقة علمية فعالة لذلك، خصوصا للتأكد من كون مادة ما عنصرا نقيا من عدمه. ومن تطبيقات واستعمالات هذه الخطوط أيضا توظيفها للتعرف على العناصر المكتشفة الجديدة عن كثب وتحديد مواصفاتها تمهيدا لوضعها في موضعها الملائم والمحدد في الجدول الدوري[1] للعناصر سابق الذكر.

لم يعش (موسلي) طويلا ليتمتع بثمرات إنجازه العظيم، فلقد اقتطفت روحه رصاصة قناص

(1) راجع مدخل (قانون مندليف الدوري للعناصر) على صفحة (976). (المترجم).

في واحدة من عمليات الحرب العالمية الأولى.

لقـد بلغ تقدير العلمـاء والباحثين لما أنجـزه (موسلي) حدا لم يساورهـم الشك معه في أن (موسلي) هذا كان سيكون من الحائزين على (جائزة نوبل) للكيمياء إن عاجلا أم آجلا بسبب أهمية اكتشافه الفريد وتأثـيره المباشر على سير تاريخ الكيمياء، فبواسطة قانونه أمكن للعلماء والدارسين تحديد العدد الذري للعناصر الجديدة المكتشفه باستعمال الأشعة السينية وهذا إنجاز عظيم.بمقاييس العلم لا يشق له غبار.

في حياتنـا الدنيا هذه يفـوق الاهتمام بالأحياء اهتمامنا بالأمـوات، ولذلك لا تمنح جائزة نوبل إلا للأفذاذ المتميزين (الأحياء). (انظر كتاب:

Undergraduate Instrument of Analysis، by James W. Robinson، Eileen M. Skelly Freme، and George M. Frame II.).

قانون ستينمتز للمغناطيسية

Steinmetz's Law of Magnetism

قانون فيزيائي توصل إلى وضعه عام (1961) المهندس الكهربائي الأمريكي [شارل ستينمتز (1923 ـ 1865) Charles Steinmetz]

وينص على **امتصاص المواد المعروفة بالمواد المغناطيسية لشيء من المغناطيسية واحتفاظها بها حين إخضاعها لأي حقل مغناطيسي خارجي يسلط عليها**، وتحتفظ تلك المواد المغناطيسية بشيء من تلك الكمية من المغناطيسية التي اكتسبتها من الحقل الذي سلط عليها داخلها حتى بعد إزالته ولفترة معلومة من الزمن، هذا وتم إطلاق اسم النكوص أو الارتداد[1] على هذه الظاهرة. ويمكننا – بالاستناد على هذا القانون حساب مقدار الجهد اللازم لإزالة ما تبقى من الخاصية المغناطيسية في المواد المغناطيسية كلما أُعيدت دورة مغنطتها وذلك حسب القانون التالي:

$$W=\eta B_m^{1.68}$$

حيث يمثل W – مقدار الجهد اللازم.

و B_m – غاية قيمة الحث المغناطيسي المتولد من دورة المغنطة.

و η – معامل (ستينمتز) ويمثل إحدى خواص المادة تحت الاختبار.

ساق الكاتب (جيمس ر. اوكدن – James R. Ogden) في مؤلفه الموسوم (حلاّل مشاكل المكائن الكهربائية) مسألة رياضية بسيطة وضح فيها كيفية التطبيق العملي لهذا القانون وكيفية الاستفادة منه في حساب مقدار الجهد الضائع في المحركات الكهربائية والتي تستخدم دورات المغنطة وعكسها تبادليا لإنجاز العمل المناط بها وذلك وفق المثال التالي:

أوجد مقدار الجهد الضائع في دورة اشتغال أحد المحركات الكهربائية، إذا علمت أن

(1) Hysteresis: وهي ظاهرة احتفاظ المواد المغناطيسية بشي، منها بعد إزالة الحقل الذي أوجده. وأصل الكلمة (إغريقي) بمعنى التأخر أو النكوص وهو المصطلح الذي يطلق على (رحم المرأة) –لاحتفاظه – بالجنين داخله، ومنه اشتق اسم مرض (الهستريا – أو الهزع) وهو اضطراب عصبي يسبب نوبات عنيفة من الضحك أو البكاء أو غيرها من الأمراض الوهمية. (المترجم).

مقدار حجم كتلة الحديد (والمسحوبة على شكل صفائح لصناعة قلب مغانيطه) المستعملة فيه يبلـغ (40) سنتيمترا مكعبا. ويبلغ مـدى أعلى فيض مغناطيسي داخله أثناء اشتغاله (8000) كاوس. علما أن معامل (ستيمنتز) لصفائح الحديد المستعملة في بنائه هو (0.004).

لحل هذه المسألة لابد أن نستعمل (قانون ستينمتز) آنف الذكر وهو:

$$W = \eta B_m^{1.68}$$

بالتعويض المباشر نجد أن $W = 0.004 \times (8000)^{1.68}$

للدورة الواحدة = (7028) ergs / cm cubed

وبما أن حجم صفائح الحديد المستعملة في صناعته يبلغ (40) سنتيمترا مكعبا كما أسلفنا، لذا 40×7028 = مقدار الجهد الضائع أي= 281000 (erg) لكل دورة.

ويساوي = للتحويل (دورة / 281000erg) × (1erg / جول 0.0000001)

ويساوي = 0.0281 جولاً / للدورة الواحدة.

ولعـل من سخريـات القدر ألا يتجاوز طـول (ستينمتز) الحائز على مـا ينيف عن (200) بـراءة اختراع الأربع أقدام أي حوالي (124) سنتيمـترا، ومع ذلك فقد تمكن من نيل شهادة الدكتـوراه في عـام (1888). لقد ناهض عالمنـا الفذ النازية وتوقع سقـوط الفكر العنصري الألماني، إلا أن أفكاره تلك سرعان ما وضعته في منتصف بؤرة الضوء وضمن دائرة الملاحقة والعقاب الذي أحس هو به والذي كاد أن يُصبح حقيقة واقعة بعد أن نشر آراءه جلية واضحة في إحدى مقالاته التي تنتقد السياسة والحكومة الألمانية بشدة، الأمر الذي أجبره على الفرار مـن وطنه واللجـوء إلى الولايات المتحدة والحصول على جنسيتهـا ويقضي بقية عمره فيها.

لم تخـل حياة هذا العبقري من بعض الطرائف والنـوادر سيما تلك التي ذكرها (بوب فنستر - Bob Fenster) في مؤلفـه الساخـر (ما مر به العظماء والمشاهـير من طرائف وغرائب المواقـف والحوادث وأكثرها دهشة وغباء!!)، وملخصها أن سنيتمتز كان قد تعاقد مع شركة جـنرال موتوز المعروفة للعمل كمهندس فيها، ولما سأله رئيسه عن تفاصيل مصاريف إحدى

قوائمة التي قدمها للشركة آنذاك والتي بلغت (10000) دولار – وهو مبلغ ضخم للغاية في حساب ذلك الزمان: ما كان من صاحبنا إلا أن استل قلمه وكتب به على قطعة صغيرة من الورق أمامه السطرين التاليين ودفع بها إلى محاسب الشركة الذي فغر فاه دهشة مما قرأ:

التفاصيل	المبلغ
قلم رصاص (عدد واحد) استعمل للكتابة	دولار واحد
كمية العلم والجهد الذهني الذي خطه القلم المذكور أعلاه	9،999 دولار!!!

قانون بوز وأينشتين لتوزيع الطاقة

The Bose - Einstein Distribution Law

قانون فيزيائي وضعه عام (1924) العالمان:

الفيزيائي الهندي [ساتيندرا ناث بوز (1894 - 1974) Satyendra Nath Bose][1]

والفيزيائي الأمريكي الشهير ألماني المولد

[البرت اينشتين (1879 - 1955) Albert Einshtein]

وله بعض التطبيقات الملموسة ويمكن استعمالــه لدراسة مواصفات (الأجسام السوداء)[2] وأسلوبهــا في إشعاع طاقتها، كما أن له تطبيقــات عميقة معقدة في دراسة بعض الجسيمات الأوليــة كالبوزونــات[3] فهــو يخبرنا بأعدادهــا المتماثلــة المتوقعة في أي حالــة من حالات الطاقــة(E). والبوزون في الفيزياء عبارة عن جسيم مــا دون الذري كالفوتون (Photon) والبيــون (Pion)[4] وجزيئات ألفا (Alpha Particles)، ويملك درجــة لف (Spin)[5] تســاوي رقما صحيحا أو صفــرا. وبإمكان أي حالة من حالات الطاقة (E) استيعاب عدد لا نهائــي منــه. وينسب إلى كتــاب مبادئ الكيميــــاء الحديثـــة لـ (ريتشارد ت. ويدنــر - Richard T. Weidner) و (روبــــرت ل. سلــز - Robert L. Sells) إمكانيــة تطبيــق قانون توزيع (بوز - اينشتــين) لدراسة أي نظام يحتوي على الجزيئات ما دون الذرية غير المحددة تحوي كل منها على عدد (لف) صحيح.

---

(1) Satyendra Nath Bose فيزيائــي هنــدي اختص في موضــوع (الفيزياء الرياضيــة). وخير ما عرف عنه اجتهاده في حقل (ميكانيــكا الكــم) في بداية عشرينيات (1920s) القرن الماضي، الأمر الذي مهد لإرســاء أســس (إحصــاء بوز-اينشتين) ونظريــة (تكاثف بوز-اينشتين) يعــود إليــه الفضل فــي وضع اسم (البوزون -boson). (المترجم).

(2) Black Bodies - راجع مواصفات الأجسام السوداء وشرحها في الفصل المخصص لها في صفحة (851). (المترجم).

(3) Boson - جسيــم ما دون ذري واسم مشترك يطلــق على الفوتون أو الميزون اللذين يمتازان بخاصية (لف) صفرية أو بأعداد كاملة. (المترجم).

(4) Pion - هــو ميــزون ناتج مــن اتحاد كوارك صاعد وكوارك نــازل ومضاداتهما ويمكن أن يكون موجبــاً أو سالب الشحنة أو متعادلا كهربائيا وتبلغ كتلته حوالي 270مرة بقدر كتلة الالكترون. المترجم.

(5) Spin - وهــي خاصيــة (اللف) المعروفة في ميكانيكا الكم وهي صفة أصلية لنوى الذرات والهاردونات والجسيمات الذرية الأولية وتمثل درجة حرية ذاتية مهمة تحملها الجسيمات ذوات (اللف) غير الصفرى. (المترجم)

مبدأ فرانك - كوندون لإعادة التوزيع الإلكتروني

The Frank - Condon Principle of Electronic Redistribution

مبدأ كيميائي - فيزيائي وضعه عام (1925) العالمان:

الفيزيائي الأمريكي - الماني المولد [جيمس فرانك (1882 -1964) James Frank]

واختصاصي الفيزياء النظرية الأمريكي

[ادوارد كوندون (1902 - 1974) Edward Condon]

وينص على أن **تعديل التوزيع الإلكتروني، في أي نظام جزيئي ينتقل من أي حالـة طاقة إلى أخرى يبلغ من السرعة مداها الذي يؤهلنا لاعتبار كافة أنوية الذرات المشاركة في هذا الانتقال وكأنها في حالة سكون خلال تلك العملية.** (انظر معجم النظريات لجنيفر بوثاملي).

وإليك عدة صياغات لهذا المبدأ أسوقها لإدراك كنهه وتقدير أهميته، منها نصه على حفـظ كلٍ من عزوم الذرات ومواقعهـا خلال وبعد أي عملية إعادة للتوزيـع إلكتروني حيث يصف المبدأ في نصه هذا حالـة الانتقال الإلكتروني لجزيء متفاعل من حالة إلى أخرى كما يحدث في حالة التحلل الضوئي لذلك الجزيء ضمن نطاق طيف الضوء المرئي. (ولزيادة الإيضاح انظر:

(Airy Funcfions and Applications to physics، by Oliver Vallee and Manuel Soars).

أمـا صيغته الأبسط فتوضح بأن عملية انتقال الالكترونات (خلال التفاعل الكيميائي) من ذرة إلى أخـرى ضمـن مجموعة الجزيئات المتفاعلـة، لابد وأن يتم بالسرعـة التي تجعل الزمن الـلازم لذلك من الضآلـة بحيـث تبـدو كافة الانويـة لتلك الـذرات التي تـم انتقـال إلكتروناتهـا وكأنهـا فـي حالـة سكون نسبي أي وكأنها لم تتحرك مـن أمكنتهـا خلال عمليـة التفاعـل (وللاستزادة انظر كتاب: م. ك. جوبتا المعنون

(Atomic and Moleculer Spectroscopy، by M.C. Gupta).

وخلاصـة القول بشأن هذا المبدأ هي أن السرعة النسـبية لحركة وانتقال أنوية الذرات بالنسبة لسرعة حركة وانتقال إلكتروناتها تكاد تكون صفرية.

مبدأ إقصاء بولي

Pauli's Exclusion Principle

مبدأ كيميائي - فيزيائي مهم اكتشفه عام (1925) عالم الفيزياء النظرية الأمريكي الجنسية، النمساوي المولد [ولفكانك بولي (1900-1958) Wolfgang Pauli]

والذي ينص على **استحالة إشغال أي زوج من الجسيمات المتماثلة لذات (الحالة الكميمية) في عين الوقت.** وخير مثال على ذلك استحالة إشغال أي زوج من الإلكترونات المتماثلة (في حالة دورانها) لأي مستوى من مستويات الطاقة الإلكترونية حول الذرة في ذات الوقت، ولإدراك ذلك لابد للزوج الإلكتروني من أن يكون (في حالة دوران متعاكس)، وتبرز أهمية هذا المبدأ لدوره الحيوي الذي لابد منه لتفسير العديد من الأسس والمسلمات الخاصة (بنظرية الكم – Quantum Theory) فيما يتعلق بتصرف الجسيمات ما دون الذرية المسماة (بالفرميونات –Fermions) وهو اسم جامع يطلق على إلكترونات وبروتونات ونيوترونات الذرة، ولكنه لا ينطبق على تفسير تصرفات (البوزونات – Bosons) وهو مصطلح يشمل (الفوتونات – Fotons) و (الميزونات – Mesons). (راجع للاستزادة معجم النظريات لجنيفر بوثاملي).

لقد أكد المؤلف (ميشيل ماسيمي – Micheal Massimi) في كتابه الذي صدر بعنوان (مبدأ إقصاء بولي: أصله وأهميته كقانون علمي) حقيقة بلوغ هذا المبدأ مرحلة القانون العلمي النافذ بلا منازع بالنظر لصموده أمام العديد من الاختبارات الفيزيائية والتجارب العلمية التي شملت طيفا واسعا من علوم الفيزياء تراوحت ما بين الدراسات الطيفية والفيزياء الذرية وما بين (نظرية المجال الكميمي) إلى (فيزياء الطاقات الفائقة)، وعليه يمكن الإقرار، وباطمئنان كامل، بالحقيقة القائلة بأنك نادرا ما ستجد قانونا فيزيائيا واحدا آخر كان أو سيكون له ذات التأثير الشامل والتطبيقات المترامية كالتي حققها هذا القانون، وما إمكانية تحقيق التوزيع الإلكتروني على مختلف مدارات الذرة لأي عنصر من العناصر المعروفة والمكتشفة والتي تمكننا من وضعه في

مكانه الصحيح في الجدول الدوري، وتفسير سلوكه وشكل طيفه الذري إلا إحدى تطبيقاته.

أوضح (اندرو واتسون – Andrew Watson) في كتابه الموسوم (كميمية الكوارك[1] – Quatum Quark) المنطق الذي ساق (باولي) لوضع قانونه كما يلي:

((لعله من اللافت للنظر أن (باولي) كان قد تقدم بقانونه في أوائل عام (1925)، ومن الجدير بالذكر أن ذلك كان سابقا لإقرار نظرية الكم وحتى قبل ظهور مفهوم (اللف) الذي صار ملازما لصفة الإلكترون، حينها أيقن (باولي) بضرورة وضع فكرة ما لكي تمنع وببساطه تهافت كافة الإكترونات في مدارات ذرة ما نظريا إلى أدنى مستوى للطاقة بإمكانهم النكوص إليه، ودعمها رياضيا... وكان ذلك، ولا شك أبسط تفسير منطقي أمكن تقديمه لتلافي تكالب الإلكترونات – وغيرها من الفرميونات – وتنافسهم للحصول على قلب الذرة، أو على نفس الموقع فيه إن صح التعبير!!)).

تبرز أهمية (مبدأ إقصاء باولي) كواحد من أسس الفيزياء الصلدة، كونه فسر ضرورة احترام مبدأ الحيز الواحد من قبل كافة مكونات الذرة–على صغرها–وضرورة استقلال أي من مكوناتها بفضائه الخاص به، ولا أُخفي رغبتي هنا بأني كنت على وشك أن أضع هذا المبدأ، وأصنفه ضمن أمهات القوانين التي سبق إيرادها في متن الكتاب، لولا إخفاق (باولي) في وضع النموذج الرياضي المقبول والمعادلة الدقيقة له (رغم رغبته في ذلك، كما سبق). بقي أن نختتم فصلنا الموجز هذا بالتأكيد على عبقرية ووسع أفق (باولي) بوضعه لهذا القانون، رغم اعتقاده حينها بأنه سوف يفسر عددا محدودا فقط من الظواهر الفيزيائية المعروفة آنذاك في زمن سبق ريعان ربيع (نظرية ميكانيكا الكم) الخالدة والذي رأى نوره وشُد ساعده بفضل الأعمال الخالدة لفيزيائيين فطحلين أنارا مسرح الفيزياء الخالد لاحقا وهما (ورنر هيزنبرك– Werner Heisenberg) و (ارون شرودنكر–Erwin Schrodinger).

(1) Quark – اسم جامع لمجموعة من الجسيمات ما دون الذرية والتي افترض وجودها كأزواج (كالصاعد والنازل) ولهما ذات الكتلة وبشحنتين هما + 2/3 و 1/3- ويكونان الهاردونات. (المترجم).

قانون توزيع فرمي - ديراك

The Fermi-Dirac Distribution

قانون فيزيائي اكتشفه عام (1926) العالمان:
اختصاصي الفيزياء الذرية الأمريكي الجنسية إيطالي المولد
[انريكوفرمي (1901_1954) Enrico Fermi]
والرياضي الفيزيائي الإنكليزي [بول ديراك (1902_1984) Paul Dirac]

يصف المعدل الرقمي لعدد الفرميونات المتطابقة (مثل الإلكترونات) في حالة طاقة معينة (E) كدالة (لثابت بولتزمن – Boltzmann Constant)[1] والحرارة (وهي عبارة عن حد يعتمد على درجة الحرارة ودرجة تركيز الفرميونات المدروسة).

كان (فرمي) سبّاقاً إلى ابتكار العلاقة الرياضية التي تفسر كيفية تصرف الجسيمات الذرية كالإلكترونات مع بعضها البعض من الناحية الفيزيائية وذلك في العشرينيات من القرن العشرين المنصرم، وذلك بصورة مستقلة، هذا على ألا تغيب عن بالنا حقيقة قيام (بول ديراك – Paul Dirac) بفحص واختبار ذات العلاقة بصورة منفصلة من جانبه أيضاً. [انظر كتاب تاريخ العلم والتكنولوجيا لمؤلفه (براين بنج – Bryan Bunch].

سبق لنا مناقشة العديد من قوانين التوزيع والتي حملت أسماء علماء عدة، وفي ختام هذه العُجالة دعني أوضح مجال استخدام كل منها حسب الحالة التي صُمم لمعالجتها؛ فدراسة الانظمة ذوات الأهمية الكيميائية كالتفاعلات الكيميائية في درجة حرارة الغرفة الاعتيادية تعتبر من اختصاص توزيع (بولتزمن)، وفي حال فشله في تقديم التفسير المنطقي المقنع تبرز

---

(1) ثابت بولتزمن (K او KB) هو ثابت فيزيائي يتعلق بالطاقة على المستوى الجزيئي وعلاقتها بالحرارة على المستوى الشمولي. ويساوي حاصل قسمة الثابت الغازي (R) على عدد افوكادرو (NA) هكذا:

KB= R/NA

وله نفس وحدات الانثالبية وسمي على اسم الفيزيائي النمساوي (لودفك بولتزمن - Ludwig Bottzman) راجع الجدول على صفحة (446) من هذا الكتاب. (المترجم).

أهميــة توزيع (فرمي - ديــراك) أو توزيع (بوز - اينشتين) كبدائل يمكن الاستعاضة بهما عنه في حالة تعاملنا في أنظمتنا المدروسة مع الفرميونات (بتطبيق القانون الأول) أو مع البوزونات (بتطبيق القانون الثاني). [وللاستزادة انظر كتاب الديناميكا الحرارية الإحصائية لمؤلفه (م. ك. كوبتا - M. C. Gupta].

قاعدة موسكو ويتز - لومباردي للتوزيع المغناطيسي

The Moskowitz - Lombardi Rule of Magnetic Distribution

قاعدة فيزيائية اكتشفها عام (1973) الفيزيائيان:
الأمريكي [بول أ. موسكو ويتز (ولد عام 1945) Paul A. Moskowitz]
والفرنسي [موريس لومباردي (ولد عام 1942) Maurice Lombardi]

وينص على أن كل نواة ذرة مشحونة حائزة على قابلية (لف – Spin) غير صفرية لابد وأن يكـون لها – كخلفية – حقل مغناطيسي يمكـن التعرف عليه بدلالة حجم عزمه المغناطيسي (M)، علـى أن يكـون هـذا التمغنط موزعا على كامـل حجم تلك النواة وهـو الذي يعلل انحرافهـا عن التوزع الطبيعي الذي كان يمكن الحصـول عليه لو قارناها بنواة مماثلة (نُقطية) مثاليـة التصرف خالية منه. ويعـبر رياضيا عن هذه الصفة بالرمـز (ε). وبدراسة عشر نظائر مختلفـة لعنصر الزئبق تمكن كل من (موسكو ويتز) و(لومباردي) مـن التوصـل إلى علاقـة بسيطـة بين التوزيع المغناطيسي لأنويتهـا (ε) وبين عزومها المغناطيسية (μ)، وصاغا تلك العلاقة الرياضية على شكل القانون التالي:

$$\varepsilon = \alpha/\mu$$

واضعـين (α) كثابـت للتناسـب، وبتطبيقها تجريبيـا وعمليا تأكد العلمـاء من صحتها في حـالات كثيرة شملت نظائر العناصر التالية: الزئبق (Hg) والايريديوم (Ir) والذهب (Au) والثاليـوم (Tl) والبلاتـين (Pt) والتنكستن (W) والأوزميـوم (Os) والباريوم (Ba)، أما أهميتهـا فتكمن بتمكين علماء الفيزياء الذرية من فهم التركيب المعقد لأنوية مركبة قد تحتوي الواحدة منها على ما ينيف عن (200) بروتون ونيوترون.

امتاز (موسكو ويتز) بكونه مخترعا بارعا التحق بمعامل شركة (آي. بي. ام – IBM) كمستشار في تقنيـة الاتصالات اللاسلكيـة وشارك يوما في أحـد برامج المسابقات الشعبيـة التلفزيونية والمسمى (عجلة الحظ)، فابتسم حظه له فنال جائزة نقدية وقدرها 50000 دولار!!.

قوانين الثقوب السوداء لهاوكنج

Hawking's Black-Hole Law

شهدت سبعينيات القرن الماضي (1970s) وضع الفيزيائي الفلكي البريطاني [ستيفن هاوكنج الذي ولد في عام (1942) Stephen Hawking]

للعديد من القوانين التي ساعدتنا على فهم طبيعة وتصرف الثقوب السوداء في الكون.

لم يُـدرج اسـم هوكنك و (قوانينه) ضمن متن الكتـاب، واستعضت عن ذلك بإدراجه في ملحقه، رغـم الحقيقة التي لا جدال حولها من أن الكثير الجم من مبادئ وفرضيات الثقوب السـوداء في الكون كانت ولا تزال تُنسب إليه، ولعل السبـب الرئيسي في ذلك يعود إلى أن تلـك المبـادئ وحتى (القوانين) لم ترتـق بعد إلى حد تسميتها باسمـه (رسميا) كما هو حال **(قوانـين نيوتـن)** في الجاذبية أو **(قانون أوم للمقاومة الكهربائية)**، كمـا أنها لا تزال يشار إليها في الـتراث العلمـي على أنها معادلات أو نظريات ولم ترتق بعـد إلى مستوى القوانين. رغم كل ذلك فالباحث الحصيف صار يقرأ العديد من البحوث التي آل أصحابها على أنفسهـم إلا أن يؤكدوا عند استشهادهـم **(بمبادئ هاوكنج)** ولا يشيرو لها تحديداً إلا بتسميتها **(بقوانين هاوكنج)** ولا أخالني أضع الرجل في أقل من هذه منزلةً. فهو يستحق ذلك عن جدارة!!

وكمحاولـة للتعـرف علـى بعضهـا، إليـك النص التـالي الذي كتبـه هو في دراسـة علمية بعنـوان (تخليق الجسيمـات بواسطة الثقوب السـوداء) ونشره في الدوريـة المرموقه المسماة: (Communications in Mathematical Physics 43(3): (199-200)، 1975

يتناسـب مقدار التغير في تبخر ثقب أسـود من نوع (شـوارزجايلد - Schwarzchild) نسـبة للزمن طرديا مع مربع كتلته.

وبالإمكان التعبير عن ذلك رياضيا بالمعادلة التالية: **القانون الأول**

$$dM/dt = -C/M^2$$

حيث يمثل M – كتلة الثقب الأسود

و C – ثابت

و t – الزمن اللازم لانبعاث الجسيمات من الثقب الأسود والذي يتوزع في طيف مداه الحراري

$$\boxed{1/8\pi M(t)}$$

وإليك نص ثان لقانون آخر يقول بالتناسب العكسي ما بين درجة الحرارة المطلقة (كالفن) لأي ثقب أسود مع كتلته، ويكتب القانون على الشكل التالي: (بوحدات بلانك – Plank Units): **(القانون الثاني)**

$$\boxed{T = k / m}$$

أمــا التفسير الفلكي لهــذه الظاهرة فتتلخص بظهور درجة حــرارة أي ثقب أسود لمشاهد خارجي وكأنها حرارة محددة.

وضــح الكاتــب (لي سمولــن – Lee Smolin) في مؤلفــه [سبلك الثلاثة لــ (فهم) الجاذبية الكميمية] بعض الخصائص الغريبة المتعلقة بالثقوب السوداء وكيفية إدراكها وذلك بالشكل التالي:

> **((في قانون (هاوكنج) الأخير لابد لنا من الإدراك بأن قيمة الثابت المذكور فيه قد تبلغ حدا متناهيا في الصــغر آخذين بالاعتبار وحداتنا الطبيعية للقياس وهذا ما يؤثر على صُــلب المعادلة فيمنحها أبعــادا دقيقة ودقيقة جدا قد يصــعب تخيلها، فمن الناحية الفلكية يــدرك علماء الفيزياء الفلكية ضــآلة درجة حرارة الثقوب الســوداء والتي قد لا تتعدى الجزء اليسير من الكسر الصغير للدرجة الحــرارة المطلقــة الواحدة! وهــذا الرقم يمثل حدا أصــغر بكثير من مقدار الــ 2.7 درجة حرارية مطلقة (كالفن) والتي أثبت وجودها كخلفية عامة للفضاء الكوني المترامي الفسيح! ولكن لإدراك ولتفســير عُظم درجة حرارة الثقب الأســود على ضآلته، لابد لنا أن ندرك هذه الضآلة، فنقول إن ثقبا أســود يبلغ من الضــخامة بحيث يمكن مقارنة كتلته بكتلة جبل إفرست المعروف كأعلى قمة على ســطح الأرض لابد وألا يتجاوز حجمه أبعاد نواة ذرة واحدة!! ولكنه والحالة هذه ســوف يشع بمقدار حرارة تضاهي بل وتفوق حرارة كبد الشمس أو مركز أي نجم مشابه لها!!)).**

ولفهــم **(قانــون هاوكنج الثالث)** لابــد لنا من أخذ فنجانا من القهوة والتنــزه في حديقة غنّاء عصــرا والشعور بالاسترخاء داخل مقعد وثير لنتمتع بالمقصود بما يسمى (قانونه في المساحة)

الذي وضعه في عام (1971) والذي ينص على استحالة تقلص المساحة (المنظورة) (لأي أفق حدث) مستقبلي لأي ثقب أسود!! [ولكن أنى لأحدنا أن يسترخي داخل مقعد وفي رأسه مصطلح كمصطلح (أفق الحدث)؟!].

دعني أبسط الموضوع على مراحل وكما يلي أملاً في إماطة الغشاوة وإزالة الإبهام عن المصطلح السابق والذي سيؤهلنا لفهم (مبدأ المساحة) الذي أهداه (هاوكنج) لنا في هذا الفصل.

لم يكد حبر (نظرية اينشتين العامة في الجاذبية) والتي كان قد نشرها عام (1915) أن يجف حتى طلع علينا الفلكي الألماني (كارل شوارتزجايلد – Karl Schwarzchild) وبعد أقل من عدة أسابيع بحساباته الدقيقة التي شرح فيها مفهومه الجديد والذي حمل اسمه فيما بعد وعن جدارة (كنصف قطر شواتزجايلد). فما هو هذا (النصف قطر)؟!

يُعـرّف ويصف (نصف قطـر سوارتزجايلد) الكرة التي تحيط بـ... أو حدود الأفق الذي يلف كتلة معينة. وبناء على ذلك واستنادا إلى نظرية الثقوب السوداء الكلاسيكية، فإن مقدار الجاذبيـة التي يسلطها أي ثقب أسود، وفي حدود (كرة سوارتزجايلد) ستبلغ من الشدة حدا يمكنهـا معهـا من اقتناص وسجن أي كتلة أو مادة أو حتـى أي شعاع ضوء يمر بمداها داخلها وإلى الأبد. بعبارة أخرى... فإن ما يقترب من حدودها (كائنا ما يكون) سيختفي عن الأنظار تماما ويُفقد نهائيا!! وكمقاربة بسيطة لفهم مدى تأثير (نصف قطر شوارتزجايلد) نسبه لكتلة جسـم مـا: دعنا نقول إنه لا يتعدى بضعـة كيلومترات بالنسبة لشمسنـا[1] التي تنتمي كرتنا الأرضية لمجموعتها. أما لكتلة تساوي كتلة أرضنا التي نعيش عليها فلن يتجاوز تأثير (نصف قطر شوارتزجايلد) حجم الجوزة! بمعنى إذا تصورنا أن يكون لثقب أسود (مدى أفق) تأثير لا يتعدى حجم الجوزة، فعليه أن يحتفظ بكتلة تساوي كتلة أرضنا[2].

---

(1) معلومات توضيحية عن أبعاد الشمس: يبلغ نصف قطرها 95500 كيلومتر وتبعد أرضنا عنها بمسافة نصف قطر تبلغ 150 مليون كيلومتر وتبلغ كتلتها حوالي اثنين نوبليون كيلوغرام [1.98892× 10 مرفوعة إلى القوة 30] أي حوالي 332950 مرة بقدر كتلة الأرض. وتبين لنا هذه الأبعاد والأرقام (ضآلة) مقدار الكيلومترات المعدودة لما وصف بـ (نصف قطر شوارتز جايلد) الخاص بها. (المترجم).

(2) ومقدارها [5.9742× 10 مرفوعة إلى الأس 24] كيلوغراما – (المترجم).

وهناك العديد من النتائج التي توصل إليها (هاوكنج) استنادا إلى (قانونه في المساحة) آنف الذكر والذي ينص على [**استحالة تقلص أي (أفق حدث) لأي ثقب أسود**]، منها على سبيل المثال تمكنــه من إثبات أن المساحة السطحية الناتجة من اتحاد ثقبين أسودين لابد وأن تكون أكبر من حاصل جمع المساحة السطحية لكليهما قبل الاتحاد. واستنتج بناء على ذلك أن شطر الكون الحــاوي على الثقوب الســوداء (إذا ما جمعت في - مكان - واحــد) لابد وأن يكون دائما بازدياد واتساع.

يعتمد نظريو الفيزياء الفلكية على هذا القانون لسبر أغوار وفهم تصرفات الثقوب السوداء في الكــون اعتمادا علــى المضمون الموسع له، وهذا يعني افتقــاره لعمومية التطبيق على كافة المجــالات الفيزيائيــة، فمن المعلوم أنــه ينهار انهيارا كليــا ولن تصدق نتائجــه إذا ما أخذت التأثيرات الكميمية (وهي التأثيرات التي تبين وتظهر عند التعامل مع الأبعـاد الذريـة المتناهيـة فــي الصغر) بعين الاعتبـار وخير مثــال نظـري يساق في هذا المجـال هو تصور وضع وهيئة ثقــب أســود خيالي وهو في حالــة تبخر وهنا لابد مــن الاستدراك لتأكيد عــدم انضواء كافة تصــورات الثقوب السوداء ضمن المفهوم الخيالي الذي يجافي المنطق، فمن المعلوم أن ما جاء بــه بعض فطاحل الفيزياء وأعلامهم من أمثال (برانــدون كارتر - Brandon Carter) و (ستيفــن هاوكنج - Stephen Hawking) و(جيمــس باردين - James Bardeen) مــن مبــادئ وقوانين تخص ميكانيك وتصــرف ثقوبنا السوداء كمثل (نظريــة - أو قانون - المساحــة) آنف الذكر لاقت مــا يماثلها ويؤيدها من القوانين التي سبــق وضعها والركون إلى صحتها في ميادين فيزيائية أخرى كميدان الميكانيكا الحرارية.

لا ينبغي لنا في كتاب توضيحي كالذي بين يديك يضم سِفرا مختصرا عن العلماء والعباقرة أن نخوض بالعمق الرياضي للمفاهيم الكيميمية والقوانين الخاصة بالثقوب السوداء ولا بأبعادها الفلسفية... ولكن لنا أن ندعم وجهة نظرنا هذه بما أوضحه (قانون هاوكنج) الأخير في هذا المجــال، وذلك بالإشارة إلى أن هناك العديد من المصادر التــي تدعم قوانيه الأخرى الخاصة بميكانيكا الثقوب السوداء وكذلك الذي يحكم (**مفهوم الجاذبية السطحية في أفق الحدث**). وهذا

هو (**قانونه الرابع**). (وللإحاطة بذلك وللاستزادة من هذا الموضوع انظر المصدرين التاليين):

1. Current Trends in Reletivistic Astrophysics، Theorctical، Numerical، Observational، by Leonardo Formandez – Jambrina and Lusis Gonzalez – Romero.

2. The Four Laws of Black Hole Mechanics، by J.M. Bardeen، B. Carter، and S.W. Hawking، in Communications in Mathematical Physics، 31:161-170،1973.

لك أن تبتسم قليلا وتتنفس الصعداء (وتستعد لارتشاف كوب آخر من القهوة) قبل نهاية النقاش المضني حول قوانين (هاوكنج) الأربع السابقات وأن نختمه لك **بقانونه الخامس** الأكثر خفة ولطافة (والذي توصل إلى وضعه آخذا بنصيحة قيمة لمحرر كتابه – موجز تاريخ الزمن) والـذي ينص على **ضـرورة تجنب أو على الأقل تقنـين ذكر المعادلات الرياضـية في أي كتاب، وذلك لأن كل معادلة فيه من شـأنها أن تختزل عدد قرائه إلى النصـف!** ولكن (هاوكنج) الذي لم يغب عن شخصيتـه المرح ولا عن ذهنه سرعة البديهة كان قد صرح بالنص الحقيقي لقانونه الأخير هذا بقوله: إن القانون كان قد نبع من نصيحة اخوية مخلصة أسداها إليه أحد ناشري كتبه وملخصها هو: أن كل معادلة رياضية في كتاب من شأنها أن تخفض مبيعاته إلى النصف (ولك أن تتصور هنـا مقـدار تقلص أرباح الكاتب مـن كتاب مدجج بها، هذا إن وجد مـن ينشره له أصلا!) ولكنه صرح ختاما بأنه لم يجد مناصا من ضم المعادلة (الضرورة) التي لابد منها إلى كتابه ذاك ألا وهي معادلة اينشتين الشهيرة التالية:

$$\boxed{E = m c 2}$$

وصلى ابتهالا ألا يخيف منظرها نصف قراء كتابه المفترضين.

استمـر هاوكنج بولعه (بثقوبه السوداء) وبتصميـم المعادلات (اللائقة) لها حتى أنه قد بين في عام (1974) أنها لابد وأن تتمكن من التوهج حراريا وإطلاق الجسيمات ما دون الذرية وهي الظاهرة التي عُرفت (بإشعاع هاوكنج)، كما استمر بإنجازاته التي أهلته في العام ذاته لأن يترشح ويُنتخب كواحد من أصغر أعضاء المجمع العلمي الملكي البريطاني سنا.

يشغـل (هاوكنج) منصب الأستاذ في الرياضيات في جامعـة كمبردج الشهيرة في الوقت

الحاضـر ويحتل كرسي الأستاذية الشهير باسم (الاستـاذ لوكاس)[1] والذي سبق (لنيوتن) أن شغله من قبل.

أصيب عالمنا العبقري بمرض عصبي عضال[2] شله تماما وجعله مقعدا على كرسي متحرك لا يتمكن من الحركة ولا التواصل مع محيطه إلا عن طريق حاسوب يدار بنظام التحكم بالأشعة تحت الحمراء المتصل بنظارته والخاضع لحركة أجفانه، أما أعراض هذا المرض فقد ظهرت عليه وهـو ما يزال طالبا في كمبردج وتم إقرار تشخيصه النهائي ولما يتجاوز الحادية والعشرين من عمره، أي بفترة وجيزة سبقت إعلان زواجه الأول.

تمكن عالمنا الجليل رغـم كـل ذلك بالتعاون مع الرياضي الفيزيائي الإنكليزي [السر روجر بنروز – Sir Roger Penrose] والمولود في عام 1931) من بيـان ضرورة شمول (نظريـة اينشتـين للنسبيـة العامة) على مبدأ مهم مفاده إمكانية إدراك بدايـة المكان والزمان وإرجاع أصل ولادتهما إلى (لحظة) الانفجار العظيم[3] الأمر الذي ينتج عنه توقع نهايتهما في الثقوب السـوداء، والتـي لابد لها استنادا إلى النتائج المعمقة للبحـث السابق – أن تمتاز بقابليتها على الإشعـاع المستمر دون انقطاع حتى تتبخر وتختفـي!! كما بين – وبالاعتماد على فرضياته ونتائجها السابقة – أن لا حدود للكون حتى ولا في الزمن الافتراضي الأمر الذي يفضي إلى استنتاج مفاده أن ميلاد الكون – كان لابد وأن يكون – قد تم وفقا للقوانين العلمية.

(1) Lucasian Professor of Mathematics: كرسـي الرياضيـات المرموق بجامعة كمـبردج البريطانية والذي أوجده عـام (1663) الرياضـي (Henry Lucas) عضـو البرلمان البريطاني للفـترة (1640-1639) بموافقة الملـك شارل الثاني، تبرع لوكاس بمكتبته الحاوية على (4000) كتاب كما أوصى أن تباع أرض له وينفق ريعها لدعم هذا المنصب. (المترجم).

(2) وهـو المرض المعـروف باسم (داء لوكهـرج – Lou Gehrig) وهو اسم لاعـب البيسبول الأمريكي الشهـير الذي أصيب بالمرض عام (1939) وتوفي في عام (1941) ويعرف طبيا اليوم باسم (Amyotrophic Lateral Sclerosis - ALS) وهو مرض نكوصي عصبي مميت يسببه الضمور المتسارع للعصبونات الحركية في الجهاز العصبي المركزي المسؤولة عن الحركة الإرادية. (المترجم).

(3) The Big Bang Theory – وهـي النظريـة أو النمـوذج المقبـول اليـوم لولادة الكـون والذي يتضمن الحيثيـات الأولية والتطورات اللاحقة له والتي تدعمها أدق التفاسير والنظريات وأكثرها قبولا ودعما من قبل الظواهر والمشاهدات والبراهين العلمية السائـدة حاليـا. وهناك تحوير لهذا المفهوم برز إلى ساحة علوم الفيزياء الفلكية وزاد عدد مناصريه وهو ما يعرف بنظرية (The Big Bounce Theory) ويتلخص بتوسيـع المفهوم السابق لنشوء الكون من (انفجار هائل وتوسع) إلى (انفجار هائل وتوسع يعقبه انكماش هائل ومعاودة كرة الانفجار ثانية... وهكذا). (المترجم).

لقــد خصص (هاوكنــج) الجم الكثير من وقته لفحص وتمحيصـ القوانين العلمية التي بين أيدينــا وثبّت العديد مــن آرائه العلمية والفلسفية بشأنها في العديد من الكتب والمقالات التي أتحفنــا بهــا، ولا يسعني هنا إلا أن أختم بمسك أفكاره هذا الفصل الأخير من الكتاب، فإليك نافلة من بنات أفكاره أوردها حسب مصادرها كالتالي:

((كتب هاوكنج في كتابه المنشــور في عام (1993)، وقد نشر بعنوان (الثقوب السوداء والأكوان الفتية) ما يلي: لاشك لدي بوجود مجموعة معلومة محددة من القوانين التي تحكم الكون وكل ما فيه وتفسر تطوره مع الزمن، أولئك هن أمهات القوانين، ورغم يقيني بأننا لم نتمكن – ولحد الآن – من إدراك أشكال وهيئات ولا الإحاطة بكافة تلك القوانــين، إلا أننــا – وبلاشك – نعرف منها الكثير بل ونعرف ما فيه الكفاية لتحديد، ولفهم ما يحدث في كافة الأحوال وتحت جميع الظروف ما خلا النهايات القصوى والحالات النهائية. وإذا ما تســاءلنا فيما لو إذا كانت ســتتاح لنا فرصة إدراك واكتشاف ما تبقى من تلك القوانين في المستقبل القريب، فذلك ولاشك سيخضع للمتباين من وجهات النظر، أما أنا فمتفائل جدا، ومتفائل إلى الحد الذي بإمكاني معه وضــع نســبة الخمسين بالمئة كاحتمال لافتراض نجاحنا في إماطة اللثام عنها جميعا في مدى لا يتجاوز العشرين سنة القادمة)).

ويضيف قائلا:

((بأنــه حتى لو لم نتمكن من اكتشــاف كافة قوانين الكــون، فلابد من إدراكنا لمجموعة منهــا كافية لنا لنحلل وندرك بداياتــه. ومن المدهش بل من الواجب علينا ملاحظته هو أن هذه القوانين التي تتماشى مع تصرف الجل الأعظم من ظواهر العالم، والتي تمكننا من التنبــؤ بنتائج تلك الظواهر وإلى مدى مقبول جدا من المصــداقية، لا يظهر أنها تميل إلى التغيير أو الشذوذ عما عودتنا عليه)).

يستمر (هاوكنج) بشدنا إلى وجهات نظره الفلسفية والمستندة إلى القواعد العلمية الراسخة وإليك ما كتبه حول قوانين الكون في مقالته الموسومة (حاله الكون الكميمية) والمنشورة في دورية الفيزياء النووية عام (1984):

((يدّعي الكثير من الناس ويعتقد بنهاية حدود الكون وهذا يعني بالمفهوم العلمي - فشل أو توقف قوانين العلم المكتشفه من قبلنا على التأثير أو التنبؤ بمجريات الأحداث التي تقع ما وراء تلك الحدود، وقد يظن بعض الناس أنها غير قابلة للإدراك العلمي أو يسميها بحدود الماوراء الطبيعة، كما أن بعضهم يعتقد أن للكون أو للوجود قابلية إيجاد نفسه (مرة أخرى) بأي طريقة يشاء، قد يكون هذا صحيحا، وقد ينجر عن ذلك قابليته (بنفسه) أن يعيد تشكيل نفسه بصورة قصوى من العبثية والفوضى.

ولكنني أعود هنا لأستدرك بقوة بأن كل ما في عالمنا الكبير هذا، ولاسيما الجزء المترامي منه - كالمجرات والنجوم - والصغير المتناهي في الصغر - كالجسيمات ما دون الذرية وما شاكلها - إلا وينقاد - بامتياز - إلى النظام والتنظيم بأروع صوره، فلم يسجل لا الإنسان الذي يحاول إدراك الكون ولا الكون ذاته أي بادرة انحلال أو عبثية أو أدنى ميول للعشوائية في التصرف والظهور العبثي وهذا ما يؤكد بناء عالمنا على النظام والنظام بأكمل صوره. ومن هنا أستطيع الاستنتاج بأن قوانين الكون يمكن أن تطبق على مشارفه مهما بعُدت، أما ما يفوق ذلك فليس لي أدنى تصور عن حاله كيف يكون)).

كتب (هاوكنج) العديد من المقالات، إليك مقتطف من أحدها والذي نشرته مجلة (دير شبيغل - Der Spigel) الألمانية بتاريخ السابع عشر من تشرين أول من عام (1988) وقد جاء فيه:

((حاولت جهدي - وأخالني حققت بعض النجاح - في تصوير وبلورة الأفكار وصياغة القوانين التي تمكننا من افتراض إمكانية قوانينا العلمية وقابليتها على تفسير بداية نشأة الكون. لا أدعي أن في ذلك نهاية لأفق التفكير البشري، كما لا أدعي استحالة وجود أو تطوير منظور آخر (أو أكثر) أحدث مما توصلت إليه في المستقبل، ولكنني على يقين بأن ما توصلت إليه هو (أضمن) و (أدق) نموذج يمكن الاعتماد إليه وفق ما هو متوفر من معلومات علمية وفيزيائية وفلكية بين أيدينا ولحد اليوم)).

وفي ذلك تواضع جم وبساطة في التعبير رغم شمولية هذه الجملة القصيرة.

ولعل خير ما أختتم به هذا الفصل الذي تناول المكتشفين والمتنافسين العظام هو بإيراد المقطع

التالي المقتطف من كتاب (هاوكنج) ذائع الصيت (مختصر تاريخ الزمن) والذي يقول فيه:

((إن النظـرة الفلسـفية والمنطقيـة المعمقة لكافة النظريـات والفيزيائية منهـا على وجه الخصوص يحتم كونها توقعات افتراضية في أحسن الاحتمالات، فنحن لا ندرك المستقبل ولا ينبغي لنا ذلك، فلن يمكننا مهما أوتينا من رجاحة الحدس وحدة التفكير وقوة التجريب أن نجزم وبصـورة قاطعة أن المرة القادمة لابد وأن تأتي إلينا بعين النتائج وذات التوقعات لتجربـة ما حتى ولو جاءت تلك النتائج مطابقة إلى حد الكمال مع توقعات تلك النظرية ولما لا نهاية له من المرات السـابقة. فببسـاطة لا علم يقين لنا بالمستقبل! ولكننا في المقابل لا نحتاج لنقض أي نظرية أو قانون مهما أوتي من مصـداقية وقوة سـوى تسـجيل زيغ واحـد أو خطأ وحيد في تنبؤاته. لقد أكد فيلسـوف العلوم العتيد (كارل بوبر - Karl Popper) على خاصية فريدة وصفة أصيلة توسم وتوشح كافة النظريات المرموقة بلا اسـتثناء ألا وهي قابليتها على وضع السيناريو المسبق للعديد من التنبؤات والفرضيات التي يمكن تأكيدها وإثباتها عن طريق الملاحظة والتجربة، كما ويمكن نسـفها أيضـاً ومن خلال ذات تلك التنبؤات وعين تلك الفرضـيات إن هي أخفقت في الانصياع إليها ولو لمرة واحدة فقط)).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Gladstone, John. "Points of Supposed Collision Between the Scriptures and Natural Science" in *Faith and Free Thought* (London: Hodder and Stoughton, 1880).

Benedict, Robert Philip. *Fundamentals of Temperature, Pressure, and Flow Measurements* (Hoboken, N.J.: Wiley, 1984).

Klein, Morris. *Mathematics and the Physical World* (New York: Thomas Y. Crowell, 1959).

Tait, Peter Guthrie. *Scientific Papers*, Volume 2 (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1900).

الباب الرابع

الفصل الأول

مسك الختام

مسك الختام:

القول الفصل في جمال الرياضيات ورشاقتها وفضلها على سائر العلوم

– يا لروعة الرياضيات... ويا لرشاقة معادلاتها!! ألا ترى فيها إبداع المحاولة ونشوة المغامرة للإحاطة بأسرار وخفايا الكون الأبدي الوجود بالأسلوب المتواضع والرموز البدائية القاصرة المحدودة التي هي كل ما في متناول الفرد الفاني؟ اني أحس بها... بل وأراها كقصائد الشعر، تصنع من النجوم شباكا لاقتناص النور و(تديم الفجر خمرا في كؤوس من أثير)[1].

كيولن

Michael Guillen، (Five Equations That Changed the World).

مقتطف من كتابه (خمس معادلات غيرن العالم).

– قبل الخليقة... كان الله عز وجل الموجد الأحد – سبحانه – والذي ليس قبله شيء ولا بعده...، ثم شاءت إرادته – تعالى أن يكون الكون فكان، وأنا قد أوافق التفكير الرياضي الذي يقول بوجود الرياضيات (الصرفة) قبل وجود الكون والبشر و(التطبيقية) بعد بداية إدراكنا لهما.

ليتل وود

John Edensor Little wood، (A Mathematician's Miscellany، 1953).

مقتطف من كتابه (منوعات رياضي). جمال الرياضيات ورشاقتها؛

– لعل خير ما نعبر به عن روعة معادلة رياضية علمية ما... هي بوصفها بما يؤهلنا لاعتبارها قانونا طبيعياً.

فرميلو

Graham Farmelo's، (It Must Be Beautiful).

من كتابه (إنها لفاتنة، لابد من ذلك).

(1) عن فيروز (بتصرف من المترجم).

إن لأمهات القوانين التي سبق سبر أغوارها في هذا السفر أهمية عظيمة لكونهن القمم السامقات الدالات على تقدم البشرية، شأنها شأن سفينة الفضاء (أبولو) والتي مثلت شاخصا حيا خالداً على تاريخ تطلع الإنسان إلى النجوم ومحاولاته لرؤية ولاكتشاف الكواكب والأجرام التي ملأت سماء أرضه وروضة خياله. لقد كانت بحق خطوة مهمة على درب بحث الإنسان السرمدي عن كنه السماء وألغازها وتفكيره بخلقها.

لا أشك أن مضمون تلكم القوانين كان فاعلا قبل اكتشافنا لها، كما لا أشك أنها ستظل معنا ما دمنا أحياء نُرزق، نرفل بنعمة التفكر بخلق الله سبحانه، ولكني على يقين تام أيضا، بأن تفسيرنا لها وتفهمنا لماهيتها لابد وأن يسمو ويتطور بمرور الزمن وازدياد نضج الذهن البشري في إدراك ما حوله. ولي أن أسوق مثلا، وهو (قانون فورييه – Fourier's) للتوصيل الحراري؛ ففي دراسة هذا القانون، وفي مناقشته نجد أن (فورييه) كان قد وضعه وطور نظريته بمفهوم (النظرية الحرارية) سالكا طريقا خاطئاً بالاعتماد على التفسير القائل بتغير الحرارة وانتقالها بفعل تغيير وانتقال (السائل الحراري) وهو سائل عديم الوزن والشكل ولا يمكن رؤيته! ولكن رغم ذلك فإن قانون (فورييه) يعتبر صحيحا من الناحية العملية ومطابقا لكافة التجارب المختبرية حتى لو كان تصوره عن طبيعة الحرارة مغلوطا!

ويصدق المفهوم السابق كذلك على مجموعة من أهم المعادلات المعروفة باسم (محاولات ماكسويل)، والتي سبق شرحها تحت عنوان (قانونا فراداي للحث المغناطيسي والتحلل الكهربائي)[1] . لقد فسر ماكسويل نظرياته وقوانينه بالاستناد إلى المفهوم القائل بانتشار الموجات في الوسط اللطيف المحيط بكل شيء والذي سُمي (بالأثير)! أما فيزيائيو اليوم فلا يذهبون إلى ما ذهب إليه (ماكسويل) آنذاك. يدل هذا المثال وبوضوح شديد على إمكانية قانون ما على تفسير عمل وتصرف جانب من أحداث ومشاهد الكون ولكنه قد لا يتمكن أبدا من تفسير كنهه ولا لماذا لابد له أن يعمل بطريقته تلك!

(1) راجع صفحة (553) من هذه الترجمة.

هــذا بشأن مصداقية تطبيق القوانين واستخداماتها العمليــة، ولكن ما مضمون القوانين وم يتألــف (جهازها العصبي)؟! إنها الأرقام ولا شيء غير الأرقام و/أو الرموز التي يمكن ترجمتها إلى أرقــام، وبالحقيقــة لابد لكل ذي لب مــن الإدراك بأهمية الأرقــام و(ظاهر) سيطرتها على الكــون. فللأرقام قابلية التفسير بــل وحتى التنبؤ بمختلف الظواهر والأحــداث ابتداء بهندسة ترتيــب الزهــيرات على تويــج الأوراد المركبة، مــرورا بتكاثر الأرانب وصعــودا إلى مدارات الكواكــب...، ومن طريقة تــذوق الأذن لروائع السمفونيات الموسيقية حتــى أسلوب توزيع العناصر على رقعة جدولها الــدوري... لقد كان للرياضيات ونظرياتها سبق التنبؤ بالكثير من الظواهر التي لم نتمكن من إثبات صحتها إلا بعد مرور العديد من السنين، فلقد تنبأت معادلات (ماكسويل) بوجــود الموجات الراديوية، كما تنبأت معــادلات (المجال) لاينشتين بقابلية نجم كبير أو كوكب ضخم على جذب (الضوء) إليه وانحنائه، كما تنبأت بأن كوننا يتمدد!!

ولعــل خير من جمع هــذا المفهوم وبلوره بصيغتــه الواضحة الجلية هــو الرياضي الروسي [نيكــولاي لوباكوفسكــي (1792–1856) Nikolai Lobachevsky] بقولــه بعدم إمكانية وجود أي فرع من فروع الرياضيات ومهما أوغل في التجريد إلا وسيكون بالإمكان تطبيقــه يوما ما وبطريقة ما على أحد الأحداث في عالمنا الحقيقي. (منقوله من كتاب 777- معادلة رياضية للمناقشة) لمؤلفه (جون دي فيلي- John de Pillis).

لقــد ألمح الفيزيائي البريطاني [بــول ديــراك (1902–1984) Paul Dirac] ذات مرة بأن كل مــا ندرسه ونبتدعه من الرياضيــات الصرفة المجردة لابد وأن يُنــير (في المستقبل) زاوية من خبايــا الفيزيــاء. وبالفعل فقد تمكنــت معادلاته التي وضعهــا في عــام (1928) لتفسير حركة الإلكترونــات مــن التنبؤ بوجود (المادة المضــادة) والتي ما لبثت أن اكتشفــت فيما بعد. بدأت قصــة ذلك الاكتشاف بالاستنتاج الضمني – والمبني على أعمــال (ديراك) بأن لابد للإلكترون (سالــب الشحنــة) من توأم مماثل له تماما بالكتلة والأبعاد وكافــة الصفات الأخرى عدا الشحنة والتــي لابد أن تكون مساوية لشحنــة الإلكترون ولكنها (موجبة)، وهذا ما اقُترح على تسميته (بالمــادة المضادة) للإلكترون. وُضع هذا السناريو المقترح من قبل نظرية (ديراك) بالحسبان عند

القيـام بكل تجربة مختبرية لها علاقة بالإلكترون ومواصفاته... حتى تم في عام (1932)، وعلى يد الفيزيائي الأمريكي [كارل اندرسن (1905–1991) Carl Anderson] وخلال تجاربه العمليـة من ملاحظة جسيم مادون ذري يطابـق في مواصفاته صفات التوأم المتوقع للإلكترون وبالشحنـة الموجبة فسمي (بالبوزتـرون). وما لبث أن اكتُشف الجسيم المضاد للبروتون في عام (1955) إثـر التمكن من تحضيره مخبريا في معجلات جامعـة كاليفورنيا في بركلي والمسمى (بركلـي بيتاتـرون – Barkeley Betatron) واستمـرت الاكتشافـات فـي مجـال الجسيمـات ما دون الذريـة بعـد تمكـن الفيزيائـيين فـي [المجمـع الأوربـي للأبحـاث الذريـة [(CERN) The European Organization for Nuclear Research] عـام (1995) والذي يعتبر أكبر المختبرات المختصة في الأبحاث الذرية في العالم من تحضير أول ذرة مضادة لذرة الهيدروجين.

ولعـل من أظـرف وأعجـب المصادفات التي تنضوي تحـت لواء الحدس العلمي الخارق وإمكانيـة الرياضيات على التنبؤ وخاصيتهـا في إثبات التناظر هو الحادث الشهير الذي كان بطلـه الفيزيائـي الأمريكي (ميوري غـل – مـان – Murrey Gell – Mann) وزملاؤه حينما توقع فريق عملهم بل وتنبأ بضرورة وجود جسيم ما دون ذري سمي بـ(أوميغا السالبة – Omega – minus)[1]. سـارت القصة بانسيـاب مسرحي بعدما رسم (غل – مان)[2] مخططـا تناظريا بمواصفـات هندسية احتُل كل فراغ فيه من قبـل جسيم معلوم فتم المخطط باستثنـاء موقـع واحد فيـه، وهنا برز (غل – مان) مشـيرا إلى ذلك الموقع... ثـم تقدم بتؤدة

---

(1) Omega – minus: هو أول جسيم مكون من ثلاث (كواركات غريبة) اكتشف عام 1964 ضمن هذه المجموعة وتسمى (باريونـات اوميغـا) والتي تحتوي على الكوار كات مـن نوع (لا أعلى – ولا أسفل) وبقيمـة دوران متجانس 1 = 0. والباريونات عبـارة عـن عائلة مركبة من الجسيمات المتكونة من ثـلاث كواركات لكل منها. و (اوميغا الموجهة) هـو عنوان إحدى مسلسلات الخيـال العلمي الفضائي المعروف ستـار ترك (رقم 21 من الموسم الرابع والمنشورة في موقعهـم بتاريخ 2008/8/21 (المترجم)عن ويكا بيديا.

(2) Murry Gell – Mann: فيزيائـي أمريكـي ولد في 15 سبتمبر 1929 واستلـم جائزة نوبل للفيزياء لعام (1969) لأعماله المتميـزة في حقل الجسيمـات الذرية الأولية. ومن أهم إنجازاتـه العلمية إيجاده لنموذج الكـواركات (The Quark Model)، وكان أول مـن ابتكـر تعابير غريبة لوصـف نموذجـه مثل (نكهة التناظـر – Flavor Symetry) و(الغرابة – Strangenass) – (المترجم).

(ولكـن بحزم) إلى نمـوذج المخطط ثم ما لبث أن وضع أصبعه علـى ذلك المكان وكأنه كان منقـادا لطاقة إلهـام داخلية تقمصته في تلك اللحظة... وهتف قائـلا (لابد وأن نجد الجسيم المفقود من هذا المكان!!). ولقـد صدق ظنـه وأصـاب حدسُه، فما لبث فيزيائيو الجسيمات مـا دون الذرية ومن خلال تجاربهم وأبحاثهم أن اكتشفـوا حقيقة وجـود مثل ذلك الجسيم والـذي وُجد بمواصفـات مطابقة تماما لما افترض أن يكون عليه جسيم (غل - مان) ليحتل مكانه الشاغر في جدوله الهندسي صاحب التناظر الرياضي آنف الذكر!.

أعلام المعادلات في تاريخ العلوم

- لعل خير من نضم درر العلوم شعرا في تاريخه، وأقام له عماد خيمته... هن معادلاته ذاتهن، فبإمكانك السفر خلال تطبيقاتهن الكونية في عوالم غريبة والتجوال معهن في رحاب المعرفة، كما وبإمكانك أن تقلب بهن صحائف التاريخ وتسبر معهن غور سطوره... عندها سيتحفنك بجمال وسلاسة التفسير، ويبهرنّك بروعة ودقة النتائج وجمال التعبير... ولكنهن لن يُفصحن لك أبدا عن كنههن.

وكما يمكنك تصور الطبيعة والحب والجمال بلا شاعر يصفهن (فوجودهن لا يستوجب وجود شاعر!)... كذلك يمكنك تصور الحقائق والأجرام والكواكب بلا معادلات تحكمهن (فدوامهن لا يستوجب خط معادلة)... ولكن ما يستدعي الدهشة ويدعو إلى الإعجاب حقا، هي حقيقة وجود الشعر لوصف الجمال وكتابة المعادلات لتفسير الأكوان.

فرميلو

Graham Farmelo. (It Must Be Beautiful).

مقتطف من كتابه (إنها لفاتنة، لابد من ذلك!).

لقد جاء ذكر العديد من المعادلات الرائعة ضمن متن هذا الكتاب من أمثال (المعادلة الموجية لشرودنجر) و (معادلات مكسويل) وغيرهما، وقد يتساءل المرء عن أسباب عدم اعتبارهما (قانونين) وعن عدم تصدرهما مدخلات الكتاب الرئيسية ضمن فصوله الأولى... وهنا يأتي الجواب السهل السريع المباشر لتساؤلنا عن كيفية اعتبار وتسمية (القوانين) وتمييزها عن (المعادلات) نابعاً من التعاقب التاريخي للأحداث... وإليك الدليل:

لقد سبق أن بين الكتاب وفي مدخل (قانونا فراداي)[1]؛ أن الفيزيائي السكوتلاندي الشهير [جيمس كلارك ماكسويل (1831-1879) James Clark Maxwell] كان قد نشر نظريته المسماة (النظرية الحركية في مفهوم الحقول الكهرومغناطيسية)، والتي كان قد أعاد فيها الصياغة اللغوية (لقانون فراداي) وترجم بذكاء منقطع النظير فكرته إلى لغة الرياضيات الحديثة ووضعها في مجموعة

(1) راجع مدخل قانوني (فراداي) على صفحة (553)، (المترجم).

من المعادلات. أما سبب عدم اعتبار تلك المجموعة من المعادلات قوانين منفصلة فيعود إلى واقع احتوائهن على حقائق مستقاة من قوانين سبق اكتشافها تاريخيا من قبل (كولوم) و(كاوس) و(امبير) و(فراداي)، ولذلك فلم يمكن اعتبار (معادلات مكسويل) إلا ترجمة رياضية لما سبق اكتشافه.

علق (ستيفن وينبرك – Steven Weinberg) في كتابه (خدع سوكال)[1] على معادلات (مكسويل) بقوله:

((لم يكتب (مكسويل) المعادلات الخاصة بالكهربائية والمغناطيسية اللائي يُعرفن إلى اليوم باسمه. ولكن الحقيقة أن ما سمي كذلك كان عبارة عن حصيلة الجهد المتراكم، وعبر عقود طويلة، لثلة من عظماء الفيزيائيين الذين نخص بالذكر منهم ؛ العالم الإنكليزي (اوليفر هيفيسايد – Oliver Heaviside) علما أن تلكم المعادلات لم تكن تمثل إلا تقريبا علميا لواقع حال الحقول المغناطيسية والكهربائية الضعيفة والبطيئة الحركة فقط... ولكن رغم ذلك نرى أنهن (أقصد معادلات مكسويل) كن قد قاومن البقاء وأثبتن صلاحيتهن طوال القرن الماضي، ولا ينبغي لأحد أن يشك بأنهن سوف لا يبقين قادرات على المضي عاملات فاعلات وإلى ما لا نهاية...)).

يستثني العلماء والباحثون العديد من الموضوعات الخاصة بميكانيكا الكم – غالبا – من التمتع بإضفاء صفة القوانين عليهن ربما بسبب عمق المنطق الرياضي الذي يستندن إليه أو بالنظر لتداخلهن الواحدة بالأخرى، ويصدق ذلك على المعادلة الموجية لبروكلي (Broglie)[2] وعلى المعادلة الموجية لشرودنجر (Schrodinger)[3]، وعلى معادلتي

---

(1) Sokal – اسم مدينة أوكرانية تقع على ضفاف نهر (البو – Buh) في منطقة (ليفيف اوبلاست – Lviv – Oblast) الواقعة في الجهة الغربية من القطر. (المترجم).

(2) Louis de Broglie – فيزيائي فرنسي حائز على جائزة نوبل وصاحب رسالة الدكتوراه بعنوان: (أبحاث في نظرية الكم). جلس على الكرسي رقم(1) في الأكاديمية الفرنسية للعلوم عام 1944. وتسمى نظريته بـ(نظرية بروكلي وبوم – Brglie – Bohm Theory) أو بـ(نظرية الموجة الطائرة – Pilot – Wave Theory) أو (بالميكانيكا البوهيمية– Bohmian Mechanics) أو بـ(الاستنتاج السببي – Causal Interpretation) وهي عبارة عن تأويل وتفسير (النظرية الكم – Quantum Theory) وتحتوي على دالة موجية. (المترجم).

(3) في ميكانيكا الكم – تفسر (معادلة شرودنجر) أسلوب تغير الحالة الكميسية لنظام فيزيائي نسبة إلى الزمن. وتشابه في أهميتها بالنسبة إلى (ميكانيكا الكم) أهمية (قوانين نيوتن) بالنسبة (للميكانيك الكلاسيكي). (المترجم).

ديراك (Dirac)[1] وكلين - كوردن (Klein – Gordon)[2].

لاحظ كذلك عدم تسمية معادلة اينشتين الشهيرة ($E = m c^2$) بقانون اينشتين، اللهم إلا في بعض الحالات النادرة والتي قد يُصطلح فيها عليها (قانون حفظ الطاقة والكتلة) حيث بإمكانك اشتقاقها من قانون حركة نيوتن الثاني($F = dp / df$) مع التأكيد على أن اشتقاق مفهوم (**p**) في النظريـة النسبية الخاصة مختلف جذريا عن مفهومه في نظرية الميكانيك الكلاسيكية، ولعل من المناسب أن نذكر هنا أيضاً أن(اينشتين) كان قد تمكن في عام (1905) من اشتقاق (قانون حفـظ أو مساواة الطاقة بالكتلة) من مبادئ (النظرية النسبية الخاصة وكان قد نشرها في مقالة قصيرة بعنوان (أيمكن أن تعتمد استمرارية جسم ما على مخزونه من الطاقة؟).

عـادة ما يتبادل العلمـاء والكتـــاب آراءهم حول الشؤون العلميــة ومستجدات الإبداع الإنســاني، وإليــك فيما يلي الرسالة التي بعث بها إليّ البروفســور (كلنت سبروت – Clint Sprott) من جامعة وسكونسن (Wisconsin) الأمريكية معبراً فيها عما يجول بخاطره وما يعتمر في نفسه بخصوص ($E = m c^2$) والتي جاء فيها:

((لعل أهم ما يتبادر إلى ذهني بخصوص عدم اعتبار ($E=mc^2$) قانونا، هو أنها وببساطة عبارة عن نتيجة مباشرة لحقيقة أعمق ألا وهي (نظرية النســبية الخاصــة)، هذا تماما ما قد ينطبق في كثير من الجوانب على إمكانية اعتبار (قوانين كبلر) نتيجة مباشرة أيضــا لحقيقة أعمـق ألا وهي (قوانين نيوتن)، علما بأن الحقيقة التاريخيــة المعروفة هي أن (كبلر) كان قد سـبق (نيوتن) زمنيا، هذا من ناحية، أما من ناحية ثانية فقد لا يتعدى دليل عدم اعتبار ($E = mc^2$) قانونا كونها حقيقة مساواة بسيطة بين كتلة الجاذبية وكتلة الاستمرارية.

أما إذا أمعنت البحث في حقيقة مخاض كلا (نظريتي اينشتين في النسبية الخاصة والعامة)

(1) وهــي إحــدى المعادلات الموجية لـ (ميكانيكا الكم النسبية) وضعها الفيزيائي البريطاني (بول ديراك – Paul Dirac) في عام (1928) لتفســير تصرف الجسيمات الأولية الحاوية على صفات الكميمية من نوع (نصف ($^1/_2$) دورة) كالإلكترونات، وتتماشى مع مبادئ كلا نظريتي الكم والنظرية الخاصة في النسبية. (المترجم).

(2) وهــي الصيغة (النسبية) لمعادلة (شرونجر) وتمثل نظرية حركة حقل أو قيمة غير اتجاهية، وهو الحقل الناتج عن جسيمات كميمية لا دوران أو (عامل لف) لها. (المترجم).

لو جدت أنهما قد عانتا الكثير من التردد قبل قبولهما من قبل المجتمع العلمي، إلى الحد الذي يعكس ظلال الشك التي لا تزال تخامر رواد الفيزياء النظرية حول صحة (النسبية العامة) ولحد اليوم. خلاصة القول إنه وبالاستناد إلى كل ما سبق، لعلني أجد مبررا مقنعا لتسمية أعظم حقيقة في تاريخ العلوم ($E = mc^2$) بالمعادلة وليس بالقانون!!

ولعلني أجد من المناسب أن أختم رسالتي إليك بعرض حقيقة نتفق كلانا عليها، ألا وهي أن كثرة إنجازات هذا العبقري وفتوحاته العلمية كانت قد جعلت من تسمية قانون اينشتين (بصيغة المفرد) أمرا محيرا.

وفي هذا المجال دعني أسوق إليك النصيحة العلمية العملية التالية، علك تشارك قراءك بها: إذا ما أردت أن يخلد اسمك وأن يُطلق على إنجاز ما لا يطمسه التاريخ بعدك... فعليك أن تقف عنده وألا تقوم بنشر أي عمل مهم آخر إذا ما حالفك الحظ ونشرت عملك الأول!!)).

كتب لي كذلك الدكتور (دانييل بلات – Daniel Platt) من شركة IBM فرع مركز أبحاث الدكتور (ت. ج. واتسون – T.J. Watson) رسالة بنفس المضمون جاء فيها...

((يكاد لم يُطلق اسم (قانون) على أي مبدأ اكتشف بعد عام (1900)، ومثال ذلك زخم جهود (مكسويل) التي وحد من خلالها مجموعة قوانين (امبير وكاوس وكولوم وغيرهم) لغرض المحافظة على مبدأ – حفظ الشحنة، والتي اقترح بموجبها وجود حقول مغناطيسية لابد وأن تتولد عند حدوث تغيرات في إزاحة الحقول الكهربائية المصاحبة لها.

يؤرخ العام (1900) لبداية نمو النزعة المناوئة لحالة التكرارية والإعادة والمناهضة لحركة إطلاق مصطلح (القوانين) على الاكتشافات العلمية التي كانت سائدة في وقت إنجازها من أمثال قانوني (كاوس) و(كولوم)، ففي بدايات القرن العشرين (1900) كانت قد بدأت ظاهرة المناصرة والمؤازرة لمفهوم الإيجابية الرياضية، وضرورة إحكام قبضتها على المجتمع العلمي؛ هذا المنطق الذي تُرجم عمليا وببساطة إلى مفهوم خال من

المرونة مفاده ضرورة التمسك بتعريف المفاهيم والمبادئ الفيزيائية الأساسية بالاستناد الحرفي إلى المصطلحات العلمية والتجريبية المتفق عليها عالميا، ولقد صيغ المصطلح العلمي الشامل ليحيط بكامل تلك الفكرة ويعبر عنها وهو مفهوم (علمية التعامل – Operationalism).

لقد غيرت هذه المفاهيم توقعاتنا حول مصطلح (القانون) وصار المجتمع العالمي أكثر تحفظا بعد عام (1900) منه قبله بشأن إطلاق هذه التسمية، وقد أستطيع الاستنتاج هنا بأن الغالبية العظمى، إن لم نقل كافة القوانين الفيزيائية المعروفة كانت قد صيغت ومُنحت تلك التسمية قبل عام (1900)، وتكاد لا تجد أي استعمال لمصطلح (القانون) على أي من الإنجازات والمبادئ الفيزيائية بعده)).

خذ على سبيل المثال (النظرية الموجية لشرودنجر) فهي لا تحمل اسم (قانون شرودنجر) لأسباب؛ قد يكون أهمها: إمكانية اعتبارها كتعريف ؛ فهي لا تُفسر ولا تشرح علاقة فيزيائية بين كميات أو حدود بطريقة مباشرة أو بسيطة، وإنما تمكننا من حساب الدالة الموجية لجسيم معين، وهنا تكتسب تلك المعادلة قابلية وصف حقيقة تنتج من مبدأ أساسي، ألا وهو امتلاك الجسيمات للخاصية الموجية وبإمكاننا دراسة تصرفها بتلك الدلالة.

وختاما... لابد لي من الاستدراك والتذكير بأني لا أدّعي أبدا شمول كتابي هذا على كافة قوانين الكون ولا حتى على كافة القوانين (المهمة) فيه، فكلنا يعلم أن العلم في تطور مستمر وأن المعرفة في اتساع مطرد وكلاهما يسير بتواتر مدهش سريع يكاد يستحيل اللحاق بهما. لقد كان هدفي دائما – ومن خلال كافة صفحات هذا الكتاب – هو أن أجعلها مختصرة بيّنة وأن أركّز فيها على القوانين التي اكتسبت أسماء موجديها، وأن أولي الأهمية الكبرى لأكثرها تأثيرا في حياتنا من الناحيتين العلمية والتاريخية. لقد أغفلت وعن عمد مقصود ذكر العديد من القوانين الأخرى وذلك حفاظا على الحجم المعقول لهذا الكتاب، ولكي أبتعد جهد الإمكان عن ذكر وشرح تفاصيل القوانين المعقدة – والتي وإن كان لا يمكن لأحد أن يطمس أهميتها من ناحية، إلا أنه لن يكون بالإمكان اختصارها أو توضيحها بمعادلات

بسيطة وضمن إطار كتاب مبسط كمثل هذا الذي بين يديك الآن من ناحية أخرى.

لقد أحجمت - والحقيقة أقول - عن ذكر بعض المبادئ المهمة (كمبدأ لي شاتيلييه الذي وصفه في عام (1888) الكيميائي الفرنسي الشهير [هنري لي شاتيلييه Henry Le Chatelier 1850-1936] والذي نص على حقيقة تغير وانتقال حالة توازن أي نظام كيميائي متوازن كلما أخضع لأي زيغ في تركيز مكوناته و/أو حرارته و/أو مقدار الضغط المسلط عليه، وبشكل يضمن استمرارية الحفاظ على حصول اقل قدر ممكن من ذلك التغيير. (ولابد من الإشارة في هذه العجالة إلى وجود العديد من الحالات التي لا تنساق ولا تتسق مع نص هذا المبدأ بالطبع!) كما أني لم أضم بين دفتي هذا الكتاب قانونا مهماً آخر وهو القانون الذي اكتشفه عام (1834) الفيزيائي الألماني الشهير [هنريخ لنز Heinrich Lenz (1804-1865)] والذي ينص على أن التيار المتولد من حالة حث فيض مغناطيسي معين لابد وأن يسير باتجاه معاكس لذلك التغيير في الفيض المسؤول عن استحاثته، وذلك بسبب تشابهه مع... وإمكانية اشتقاقه من قوانين أخرى (كقانون فراداي للحث).

قوائم بأفضل الإنجازات العلمية البشرية

(كشف حساب!!)

- في ظل كل معادلة وبين طيات كل قانون يكمن سر وتستتر معجزة تمجد عظمة الإله - جل وعلا.

ماريا ميتشيل - Maria Mitchell كلمات محفورة على تمثالها النصفي في (قاعة الشهرة) في برونكس Bronx، كتبتها هي في عام (1866).

أورد المؤلف (شارل ميوري - Charles Murray) في كتابه (الإنجازات البشرية) قائمة بأكثر العلماء تأثيرا وأهمية في مختلف حقول النشاط الإنساني وذلك خلال الحقبة الزمنية المحصورة ما بين عامي (800) قبل الميلاد ولغاية (1950) بعده. لقد أدرج (ميوري) وصنف الأعلام في كتابه بالاستناد إلى مجموع النقاط التي حصل كل منهم عليها، تلك النقاط التي اعتمدت بدورها على مقدار وطبيعة وكمية المصادر المكتوبة والتي أشير فيها إلى كل علم وعالم، كما اعتمدت على مختلف كتب العلوم العامة ومعاجم السير الذاتية والعديد من المصادر الأخرى، كما وضع (ميوري) في الحسبان عدد الصفحات التي طبعت وقد ورد ذكر كل فرد فيها. وفيما يلي قائمة بأهم عشرين فيزيائيا تم تصنيفهم حسب أهميتهم ومدى تأثيرهم على منحى العلم في العالم. حاول أن تقارن بينها وبين الأسماء التي سبق إيرادها في متن سفرنا الذي بين يديك:

1 - اسحاق نيوتن	1. Isaac Newton
2 - البرت اينشتين	2. Albert Einstein
3 - ارنست رذرفورد	3. Ernest Rutherford
4 - ميشيل فراداي	4. Michael Farady
5 - غاليليو غاليلي	5. Galileo Galilei
6 - هنري كافندش	6. Henry Cavendish
7 - نيلز بور	7. Niels Bohr
8 - ج. ج. تومسون	8. J.J. Thomson
9 - جيمس مكسويل	9. James Maxwell

10. Pierre Curie	10 – بيير كوري
11. Gustav Kirchhoff	11 – كوستاف كرشهوف
12. Enrico Fermi	12 – انريكو فرمي
13. Werner Heisenberg	13 – ورنر هيزنبرك
14. Marie Curie	14 – ماري كوري
15. Paul Dirac	15 – بول ديراك
16. James Joule	16 – جيمس جول
17. Christiaan Huygens	17 – كرستيان هايكنز
18. Walter Gilbert	18 – والتر كلبرت
19. Thomas Young	19 – ثوماس يونك
20. Robert Hooke	20 – روبرت هوك

(ولعله من المفيد أن نذكر أن (ميوري) كان قد جاء أيضاً على ذكر ارخميدس – Archimedes ضمن قائمة الرياضيين)...

ومن ناحية أخرى، أورد فيما يلي وعلى سبيل المقارنة القائمة التي نشرتها عام (1999) مجلة عالم الفيزياء (Physics World) عقب الاستطلاع الذي أجرته بمناسبة نهاية القرن العشرين، والذي شمل ما يقارب المئة (100) من رواد علم الفيزياء المعاصرين والذين كان لهم كأس السبق في التأثير على حياتنا العلمية وإنجازاتنا في وقتنا الراهن، والذين أسهموا في تطوير هذا العلم. وبعد الفرز والتمحيص تم اختيارهم (للعشرة) الأكثر تأثيراً وأهمية على منحى علم الفيزياء وهم:

1. Albert Einstein	1 – البرت اينشتين
2. Isaac Newton	2 – اسحق نيوتن
3. James Clerk Maxwell	3 – جيمس كلارك مكسويل
4. Niels Bohr	4 – نيلز بور
5. Werner Heisenberg	5 – ورنر هيزنبرك
6. Galileo Galilei	6 – غاليليو غاليلي
7. Richard Feynman	7 – ريتشارد فاينمن
8. Paul Dirac	8 – بول ديراك
9. Erwin Schrodinger	9 – إرون شرودنكر
10. Ernest Rutherford	10 – ارنست رذرفورد

لاحظ أن الفيزيائي البريطاني براين كرين (Brian Green) من جامعة كولومبيا والذي شارك وأشرف على الاستطلاع الذي قادته مجلة (عالم الفيزياء)، بأن المركز الأول قد احتله

(اينشتـين) بعد أن أزاح (نيوتن) عنه، وقال معقبا: **(لقد قلبت نظريتي اينشتين النسبيتين (العامة والخاصة) كافة مفاهيم الفيزياء التي حكمت العالم ومقدساته المتمثلة بسرمدية المكان والزمان، وأبدلتهما بنظام جديد وسياق مبتكر صارا عاملين طبيعيين ضمن إطاره)**، أما محرر المجلة (بيتر روجرز Peter Rodgers) فقد كان أكثر ثقة من تبادل الموقعين الأول والثاني من قبل (نيوتن) و(اينشتين) وأعمق تفهما لذلك، ولكنه كان قد أبدى دهشته من استبعاد سبعة من عظماء علماء الفيزياء وسبعة من قوانينهم من هذا السباق!!.

ونستمر فيما يلي بعرض قوائم العلماء وأسماء المتربعين منهم على سدة السبق ومنها ما نشره (جون كلبريذ سيموز – John Gallbraith Simmons)، والذي كان قد أعطى الاولوية للأفذاذ العشرين المختارين في كتابه الموسوم (العلماء المئة) وبالترتيب التالي:

1 – اسحاق نيوتن	1. Isaac Newton
2 – البرت اينشتين	2. Albert Einstein
3 – نيلز بور	3. Niels Bohr
4 – شارل داروين	4. Charles Darwin
5 – لوي باستور	5. Louis Pasteur
6 – سيغموند فرويد	6. Sigmund Freud
7 – غاليليو غاليلي	7. Galileo Galilei
8 – انتوني لافوازييه	8. Antoine Lavoisier
9 – يوهان كبلر	9. Johannes Kepler
10 – نيكولاس كوبرنيكس	10. Nicolaus Copernicus
11 – ميشيل فاراداي	11. Michael Farady
12 – جيمس كلارك مكسويل	12. James Clerk Maxwell
13 – كلود برنار	13. Claude Bernard
14 – فرانز بوز موديرن	14. Franz Boas Modern
15 – ويرنر هايزنبرك	15. Werner Heisenberg
16 – لينس بولنك	16. Linus Pauling
17 – رودولف ورشو	17. Rudolf Virchow
18 – ارون شرودنكر	18. Erwin Schrodinger
19 – إرنست رذرفورد	19. Ernest Rutherford
20 – بول ديراك	20. Paul Dirac

لقد استند (سيمونز) في تدريجيه للعلماء على:- مدى تأثيرهم على إعادة صياغة وهيكلة المفهـوم العلمي العالمي، وعلى مدى تغلغـل تلك الإعادة فيه وعلى مدى رسوخ قوانينهم في الذاكرة العلمية والتجريبية العالمية، فكتب متسائلاً ومجيباً:

((من هم هؤلاء العظماء العشرون، سادتي الأفاضل؟! إنهم أفراد تلك العصبة المتميزة من الذين أوجدوا قوانين الحركة واكتشـفوا كيفية تصرف الكهربائية، والذين كشفوا الحجـاب عن مكونات الـذرة وأسرارها واختزلـوا عظمة المواد والطبيعـة إلى عناصر ووضـعوها في جدول، وأثبتوا وجودها في الشـمس النائية. نعم إنهم الأفذاذ الذين - وباستثناء واحد أو اثنين مـن الاكتشافـات الخالـدة والتي تعود بتاريخهـا إلى حقبـة اليونان والبابليين - أنجزوا كل ذلك وفي غضون بضعة مئات من السنين لاغير)).

ومـن زاوية أخـرى، إليك المعـادلات التالية، التـي سطرها (ميشيل كولـن - Michael Guillen) في كتابه المعنون (خمس معادلات غيرت وجه العالم) والتي اعتقَد، حسب وجهة نظره بأنها كانت الأساس والدعامة لأعظم وأهم خمسة إنجازات خارقة في التاريخ... وهي:

1 - قانون نيوتن للجذب العام

2 - قانون برنولي لضغط وحركة السوائل

3 - قانون حث فراداي

4 - معادلة الكتلة والطاقة ونظرية اينشتين في النسبية الخاصة.

5 - قانون كلوزيس للديناميكا الحرارية.

أما الصياغة الرياضية لها - إن أحببت الاطلاع عليها فهي:

1. $F = G\times M\times m\div d^2$ (Newton's Law of Universal Gravitation)
2. $P + \rho \times {}^{1}/{}_{2}v^2$ = constant (Bernoulli's Law of Hydrodynamic Pressure)
3. $\nabla \times E= -\partial B/\partial T$ (Faraday's Law of Induction)
4. $E = mc^2$ (in addition to Albert Einstein's Special Theory of Relativity)
5. $\Delta S_{universe} > 0$ (Clausius's Law of Thermodynamics)

الفصل الثاني

المعادلات الأعظم

أمهات المعادلات في تاريخ البشرية

- المعادلات العظيمة هنّ وببساطة تلك المعادلات التي تُغيّر من مفهومنا للعالم الذي من حولنا، إنهن يعدن تنظيمه وانسجامه مع نفسه، ويحولنه ويطورن تكامله مع إحساسنا وإدراكنا، أنهن اللائي يعدن صياغة وتعريف (ما الذي... ينتمي... لماذا).. كما هي علاقة (الضوء بالموجة) و(الطاقة بالكتلة) و(الموقع بالاحتمالية)، وتراهن عند ذاك يقمن بعملهن بأسلوب رشيق بسيط غريب وغير متوقع.

كريس

Robert P. Crease، (The Grealest Equations Ever) World Physics)

من كتابه (المعادلات الأعظم) منشورات مجلة (عالم الفيزياء -

- أجرى (روبرت كريز – Robert Crease) في عام (2004) استفتاء بين قراء ومشتركي مجلة عالم الفيزياء حول (ما هي أعظم المعادلات التي تم اكتشافها عبر التاريخ؟). فجاءت معادلات (مكسويل) للكهرومغناطيسية ومتطابقة (يولر – Euler) على رأس قائمة المتنافسين، وخلال المناقشات والاستفسارات المصاحبة للاستفتاء، تساءل العديد من قراء المجلة حول ماهية الاختلاف وكيفية التفريق بين المصطلحات شائعة الاستعمال مثل (القانون الكيميائي) و(القانون) و(النظرية) و(المعادلة)؛ فجاءت إجابة (كريز) على الشكل التالي (وبناء على وجهة نظره): يعرف القانون والقانون الكيميائي: بأنهما الجملة أو الشيء أو الحالة التي تنقاد إلى القواعد والتناسق (Syntex) الطبيعي وتنتظم بسلاسة حسب مفهومها، أما المعادلة فهي قانون ينص على، ويبين حقيقة مشاهدة قابلة للاختبار، ولذلك تمتاز بالشمولية وقابلية التكرار وأسوق أمثلة لذلك، كالمعادلة التي تصف متوالية بالمر (Balmer Series) لخطوط الطيف المرئي والتي تكتب رياضيا على الشكل التالي:

ومثالها المعادلات الكيميائية التي تتضمن مشاهدات تدور حول التفاعلات التي تتم مختبريا... ويضيف في كتابه موضحا (لا يمكننا الاعتماد على (نظافة) التعاريف التي سبق ذكرها... فلعلك تجد العديد من المعادلات الفيزيائية الكلاسيكية من أمثال (E = mc2) ومعادلات (شرودنجر) والتي لا تمثل استنتاجات ولا نتائج تم بلورتها من ملاحظات وتجارب، ولكنها عبارة عن استنتاجات بُنيت على المنطق والنتيجة المستمدة من معادلات ومعلومات

أخرى، فهي بذلك تميل إلى كونها أقرب إلى النظريات منها إلى القوانين، علما أن لصيغة الكثير منهــن ذات القوة والشمولية التي تمتاز وتتمتع بها المعادلات والقوانين، ولهن نفس المحتوى العلمــي والقيمة العملية، ويؤكد (كريز) كذلك علــى واقع وضرورة عدم اقتصار (النظريات العظيمــة) في مهمتها على حقيقــة وضع واستخراج الصفات الأساسيــة للكون أو اعتبارها كالعلامــة الهادية المرشدة في مفترق طرقه وتجاوز ذلــك إلى عملها الدؤوب وجهدها المتميز لاستخراج (وتعدين) حقيقة من حقائقه بكل ما في ذلك من صعوبة ودقة.

يضيف (ميشيل بيري – Michael Berry) من جامعة (برستل – Bristol Unv) فــي عدد شهــــر شباط (فبراير)، 1998 من مجلة عالم الفيزياء موضحا: (بأن على كل نظرية عظيمة في الفيزيــاء أن تضيف أكثر مما منح لها، بمعنــى أنه على النظريات، إضافة إلى استخدامهن في حل المسائل اللائي أوحين لاستنباطها، أن يفسرن أكثر ويتنبأن بأمور جديدة).

ظهرت نتائج استفتاء (كريس– Crease) كما يلي، وحسب قابلية كل معادلة على تكيفها مع عالم الفيزياء بدلالة عدد القراء المصوتين لها...

1. *Maxwell's Equations* $\nabla \cdot \vec{D} = \rho,\ \nabla \cdot \vec{B} = 0,\ \nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t},\ \nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial D}{\partial t}$

2. *Newton's Second Law,* $F = ma$

3. *Schrödinger's Wave Equation,* $H\Psi = E$

4. $E = mc^2$

5. *Boltzmann's Equation,* $S = k\ln W$

6. *Principle of Least Action,* $\delta S = 0$

7. *De Broglie's Wave Equation,* $\lambda = h/mv$

8. *Einstein's Field Equations for General Relativity,* $G_{\mu\nu} = 8\pi G T_{\mu\nu}$

9. *Dirac's Equation,* $i\gamma \cdot \partial\psi = m\psi$

10. *Hubble's Equation,* $v = H_0 d$

11. *Ideal Gas Law:* $PV = nRT$

12. *Balmer Series:* $1/\lambda = R(1/n_1^2 - 1/n_2^2)$

13. *Planck's Equation:* $E = h\nu$

1 – معادلات ماكسويل

2 – قانون نيوتن الثاني

3 – المعادلة الموجية لشرودنجر

4 – علاقة الطاقة بالكتلة لاينشتين

5 – معادلة بولتزمن

6 – مبدأ الفعل الأدنى

7 – المعادلة الموجية لدو بروكلي (De Broglie)

8 – معادلة المجال لنظرية اينشتين في النسبية العامة

9 – معادلة ديراك (Dirac)

10 – معادلة هابل (Hubble)

11 – قانون الغاز المثالي

12 – متوالية بالمر

13 – معادلة بلانك (Planck)

يذكر (كراهام فرميلو) في كتابه (إنهن لفاتنات لابد من ذلك!) المعادلات التي زكاها أحد عشر كاتبا وآمنوا بأنهن الأهم شأنا والأكثر إثارةً والأجل تأثيراً في حقل علوم القرن العشرين. تنتمي ست منها إلى حقل الفيزياء الأساسية، وهن:

- The Planck-Einstein Equation, $E = hf$, which connects frequency with energy
- Einstein's equation $E = mc^2$
- Einstein's equation that governs general relativity and gravity. $R_{ab} - \frac{1}{2} R g_{ab} = -8\pi G T_{ab}$
- The Yang-Mills Equation, which describes fundamental particles and their interactions: $\partial \mathbf{f}_{\mu\nu}/\partial x_\nu + 2\varepsilon(\mathbf{b}_\nu \times \mathbf{f}_{\mu\nu}) - \mathbf{J}_\mu = 0$
- Schrödinger's Wave Equation
- Dirac's Equation

• معادلة بلانك – اينشتين والتي تربط التردد بالطاقة.

• معادلة اينشتين

- معادلة اينشتين والتي تربط النسبية العامة بالجاذبية
- معادلة يانك – ملز والتي تصف الجسيمات الأساسية وتعاملها مع بعضها.
- المعادلة الموجية لشرودنجر
- معادلة ديراك

ولقد ضم كتاب (فرميلو) آنف الذكر كذلك معادلة (ديريك – Drake) والتي تخمن عدد الحضارات المتقدمة تكنولوجيا في مجرتنا؛ وهي:

$$[N = R^{*} \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i\, f_c \times L]$$

ومعادلة شانون (Shannon) لنظرية المعلومات:

$$[H = -K \sum_{i}^{n} = 1 P(xi) \log p(xi)]$$

ومعادلة التخطيط العقلاني الذي يرسم النماذج الخاصة بالتصرف المركب في حقل نظرية الفوضى(1)... وهو:

$$[X_{n+1} = r x_n \, (1 - x_n)]$$

كتب (ستيفن واينبرك – Steven Weinberg) في خاتمة كتاب (إنهن لفاتنات، لابد من ذلك!) موضحا معادلة ديراك بقوله: إن نجاحا حققته معادلة (كمعادلة ديراك)(2)، لا يمكن

(1) Choas Theory: نظرية رياضية تصف بعض الأنظمة الحركية التي تتطور مع الزمن والتي لها علاقة بحالتها الأولية وقد تسمى (بتأثير الفراشة - The Buterfly Effect). وقد يظهر تصرف هذه الأنظمة وكأنه (عشوائي) ومن أمثلة ذلك (تصرف الطقس) والذي قد يفسر بطريقة (النماذج الرياضية – M. Models). وهناك نظرية مماثلة للكم تُسمى Quantum Chaos.

(2) Dirac Equation: هي معادلة فيزيائية تختص بالتصرف النسبي الكميمي الميكانيكي للنظرية الموجية، وضعها (بول ديراك) عام (1928) والتي تفسر ($^1/_2$) دوران الجسيمات الابتدائية كالإلكترون وتوافق نتائجها مبدأي ميكانيكا الكم والنظرية النسبية الخاصة. تنبأت بوجود الجسيمات المضادة وأهلت لاكتشاف البوزترون (الإلكترون الموجب – المضاد للإلكترون الاعتيادي السالب) وتكتب كما يلي:

$$\left(\beta mc^2 + \sum_{k=1}^{3} \alpha_k p_k c\right) \psi(x,t) = i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t}(x,t)$$

حيث إن -m هو الكتلة الساكنة للإلكترون

و C سرعة الضوء في الفراغ

و P العزم العامل

و t ثابت بلانك المعدل

و x ، t هما إحداثيا المكان والزمان – (المترجم) عن الويكابيديا

و $\hbar$ ، ثابت بلانك المعدل

أن يمثـل خطأ!... حتى وإن ترآى لبعض التجارب أو القياسات بأنها قد لا يصح استخدامها وفق الأسباب التي ساقها واضعها، أو حتى قد تفشل بحق في منظومات أخرى، كما أنها قد تفضي إلى غير ما قصد واضعها أن تفضي إليه.

هذه معـادلات تمتاز بالاستباقية، ولابد لنا أن نتحلى بسعـة البال واتساع الأفق لنستشف منهـن مـا يمكن أن يُفضين إلينا به. فهن لا يعكسن محتواهن مـن التعقيد بقدر ما يُنِرن الطريق لإدراك رحابـة وعمق الكـون الذي نحيا فيه... هذا من ناحية، أما من ناحية ثانية فإن ثبوت ورسوخ معـادلات الفيزياء الحديثة الأخـرى كدعامـات للعلـم الحديث ومنارات للمعرفة فلا يمكن تشبيهها إلا بالإنجازات التاريخية العظيمة الصامدة إلى اليوم كأهرامات الفراعنة أو كجنائن بابل المعلقة!!

ومن الطريـف هنـا وقبـل الولـوج فـي بعض تفاصيل (معادلـة ديراك) أن نسـوق ما اقتبسـه (فرانك ولكزك – Frank Wilczek) وهو أحـد محرري كتـاب فرميلو (إنهن لفاتنات، لابد من ذلك!!) عن (هنرييخ هرتز – Heinrich Hertz) معلقا على (معادلات مكسويـل) بقوله ؛ (لا عالم يستطيع نكران شعور العظمـة والاستقلالية الذي لابد وأن يكنه لتلـك المعادلات، تكاد إحداهن أن تملك زمـام الذكاء بنفسها، فمقدار الحكمة والدقة اللتين يحويانها تكاد تفوق تلك التي نتمتع بها نحن بنو البشر! فهن بلاشك أذكى وأكثر حكمه من مكتشفهن... بالمفهوم الذي تعي به أنك تستطيع أن تستمد منهن أكثر مما بذل لإيجادهن!!).

لقد ذكرت فيما سبـق حقيقة أن لبعض المعادلات الفيزيائية قابلية توليد واستنبات الأفكار وحصـد واستثمار النتائج والتي لم تكن لتجول في خاطر مكتشفيها، بل لم يكونوا ليتوقعوها أصـلا. قد يبدو وكأن لمثل هذه المعادلات طاقة سحرية او قوى خفية، استطاع (ولكزك) أن يلمح إلى جانب منها في (غزله) المهدى (لمعادلة ديراك) آنفة الذكر والتي تجد فيما يلي تفصيلا موجزا عنها.

وضع الفيزيائـي البريطاني بول ديراك (Paul Dirac) عـام (1928) نظريته لتوصيف الجسيمـات الكميمية، وقـد كان بذلك يدلي بدلـوه محاولا إيجـاد صيغة توفيقيـة (لمعادلة

شرودنجر) الموجية بحيث تطابق في تصرفها مبادئ (النظرية النسبية الخاصة) لاينشتين.

تكتب (معادلة ديراك) بعدة طرق إضافة إلى ما ذكره المترجم فيما يلي إحداها:

$$\left(\alpha_0 mc^2 + \sum_{j=1}^{3} \alpha_j p_j c\right) \psi(\mathbf{x}, t) = i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t}(\mathbf{x}, t).$$

وتستخدم لتفسير تصرفات الإلكترونات وغيرها من الجسيمات الابتدائية بطريقة تتماشى مع متطلبات كلا نظريتي (ميكانيكا الكم) و (النظرية النسبية الخاصة)، وتتوقع هذه المعادلة – كما سبق أن أسلفت – وجود جسيمات مضادة، وتتنبأ بطريقة ما بوجوب اكتشافها تجريبيا. واستنادا إليها فقد تم اكتشاف (البوزترون) وهو الجسيم المضاد (للإلكترون)، فضربت بذلك مثلا ساطعا على أهمية وفائدة الرياضيات في مجال الفيزياء النظرية الحديثة.

في المعادلة السابقة تمثل الرموز التالية مفهومها الظاهر أمامها وكما يلي:

m – كتلة الإلكترون الساكنة

ħ – ثابت بلانك المعدل ويساوي [1.054 × (10 مرفوعة إلى الأس السالب 34)] جول ثانية.

c – سرعة الضوء في الفراغ.

P – عامل تفعيل الزخم

t،x – إحداثي المكان والزمان

Ψ (t،x) – دالة الموجة

∝ – عامل التفعيل الخطي الذي يؤثر على دالة الموجة

لقد وصف (بيتر كالسن – Peter Galison) شخصية ديراك في كتابه الموسوم (الرمز المطموس) كما يلي:

((لا جدال في أن خير من استحق لقب، ورفع راية (عميد فيزيائيي القرن العشرين النظريين) هو – بول ديراك – بلا منافس، فبالرغم من دماثته وخجله وشخصيته التي لا تميل إلى الضوء أو الشهرة وعدم سطوع نجمه شعبيا (كالبرت اينشتين) و (نيلز بور) و (ورنر هيزنبرك) – فقد عُرف بين فيزيائيي القرن العشرين بأنه (الإنسان النظري

صاحب الروح الأصفى والأسمى) وذلك لموجبات كثيرة ليس أقلها كونه لا يميل إلى الثرثرة بطبيعته، قليل الاختلاط بالآخرين، شديد الحساسية والدقة في انتقاء كلماته في كل ملاحظاته، شديد الدقة في أعماله وتحركاته ولا يتدخل بشؤون الآخرين. ولأنه كان فعلا مثل شخصية الراهب الناسك الذي شغله تعبده في محراب الفيزياء عما سواه، فلم يبد ولم يلحظ عليه أي اهتمام من قريب أو من بعيد بأي مشاركة لا بالفن ولا بالأدب ولا بالموسيقى ولا بالسياسة. ويكاد يكون مقلا حتى في صداقته ومعارفه أيضا، إلا أنه عُرف واشتهر بمعادلته الفذة التي تحمل اسمه والتي تصف الإلكترون حسب المفهوم النسبي (لنظرية اينشتين). فالواقع يحتم علينا إرجاع الفضل (لديراك) هذا في إعادة هندسة (نظرية ميكانيكا الكم) وإكمال صقلها ووضعها في إطارها المحسوس لعلماء وفيزيائيي العالم، كما ويعود له الفضل في إعداد العدة لاكتشاف وسبر غور الأقطاب المغناطيسية (الأحادية)، وتعميم المفهوم الرياضي للدوال وإطلاق إشارة البحث في الحقول الكميمية للديناميكا الكهربائية والتنبؤ بوجود المادة المضادة)).

أما المعادلة الثانية والتي تمثل كسابقتها علما منيرا من أعلام الفيزياء وإنجازا فذا من إنجازاته، فهي (المعادلة الموجية لشرودنجر) والتي تصف مشارف الحقيقة بلغة الدوال الموجية والاحتمالات الممكنة وتكتب رياضيا على الشكل التالي:

$$\left[-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 + V(\mathbf{r})\right]\psi(\mathbf{r},t) = i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t}(\mathbf{r},t)$$

لقد أعلى الفيزيائي (فريمن دايسن Freeman Dyson) شأن هذه المعادلة وأعاد لها (شيئاً) من أهميتها وبريقها وذلك حين وصفها في المقدمة التي أهداها إلى الكاتب (جون كورن ول - Cornwell) لتتصدر كتابه الموسوم (الطبيعة وتخيلاتها)؛ بأنها تجسد أحد أهم مراحل تمكن الإنسانية من إحكام قبضتها على الحقيقة، وقد جاء في تلك المقدمة ما يلي:

((لعل من سخرية القدر أن يتمكن الإنسان فجأة – وفي لحظة زمن مباركة – من تطوير فكرة وتفهمه لمجال كامل من العلوم الفيزيائية باكتشافه لمعادلة أساسية واحدة فقط،

وكأنها المفتاح السحري لباب علم غامض طال غلقه.

نعم لقـــد تمكنـــت معادلتـــا (شرودنجـر عـــــام 1926) و (ديـراك عام 1927) من وضـع اللمسة العجائبية الصحيحة وإضــفاء النظام وإحكامه على مجال واسع من الفوضى والغموض الذي كان يلف دهاليز الفيزياء الذرية. لقد تم بفضل تينك المعادلتين اختزال أجيال من التعقيد المعجز الذي لف علمي الكيمياء والفيزياء إلى خطين رشيقين من الرموز الجبرية)).

أثنـى (بول ديراك) على عبقريـة (اينشتين) المتجسدة بنظريتيـه الاستثنائيتين حول النسبية الخاصة و العامة، ومعادلاته الفذة حول المجال في الجاذبية، حين وصفهما بأعظم اكتشـــاف علمـي فـي تاريـخ البشريـــة، فـــي حـين نعتهمـا (ماكس بورن – Max Born) بأعظم ثمـرة، وأجل نفحة أهداها الفكر الإنساني للطبيعة. واللتان تضمنتا روعة التناغم والتجانس بين الفكر الفلسفي الثاقب والحس الفيزيائي المرهف والمهارة الرياضية الفذة الخلاقة. (راجع المدخـل الملخص في شـرح النظرية النسبية العامــة الذي ذكر تحت عنـوان [قانون (الخاصية الشعرية لاوتفش) على صفحة (789) من هذا الكتاب].

حكومة نيكاراكوا والمعادلات الرياضية وطوابع البريد:

أقدمت حكومة نيكاراكوا في أوائل سبعينيات القرن الماضي (1970s) على القيام بمبادرة تستدعي الاحترام والإعجاب والتي لم يسبق أن أقدمت عليها أي حكومة قبلها (ولا أظنني على علم بأي مبادرة مثيلة بعدها!)، ألا وهي إصدار مجموعة من عشرة طوابع بريدية تحمل عنوان (المعادلات الرياضية العشرة التي غيرت وجه العالم):

(las 10 Formulas Matematicas Que Combiaron La Faz De La Terra) (The 10 Mathematical Formulas That Changed the Face of the World).

ألا ترى معي في ذلك التفاتة تستحق التقدير بأن يقوم بلد ما بإصدار مجموعة من الطوابع البريدية تخلد تبجيله للرياضيات بأن يُبرز إلى العالم عشر معادلات مجردة؟ هل أقدم أي قطر آخر على مثل هذا التبجيل؟ وما هو برأيك الغرض البعيد من ذلك؟

هناك ولاشك الكثير من الاحتمالات والآراء التي أثارتها تلك المبادرة، فقد أكبر معظم العلماء والعامة هذه الخطوة وأعجبوا بها أيما إعجاب، وأضافوها إلى إيجابيات إدراك الساسة لأهمية العلم. كما كانت هناك آراء مغايرة تماما قد ينعكس بعضها سلبياً كالرأي القائل بإغفال المعادلات المهمة فقط لعدم تناسب مساحة الطابع الصغيرة مع طولها! أما من جهتي كباحث محايد مهتم بالرياضيات وتاريخها فقد آليت على نفسي إلا أن أقوم باستبيان شخصي لتحديد **(المعادلات العشرة التي غيرت وجه العالم)** وذلك بإرسال استبياني عبر الشبكة الإلكترونية إلى بعض أعلام الرياضيات والعلوم والأساتذة الكبار، إضافة إلى المهتمين من المهن الأخرى وحتى إلى طلاب الجامعات والدراسات العليا.

ولقد استلمت ردا من خمسين من المهتمين كإجابة على تساؤلي، وتم إدراج المعادلات المختارة تسلسليا من الأهم حتى الأقل أهمية وتأثيرا وحسب الاختيار الشخصي للمشاركين بالاستبيان، فعلى سبيل المثال، لقد صوت الجميع على ضرورة إدراج ($E=mc^2$) في موقع الصدارة كأهم معادلة غيرت وجه العالم!

لعلك تشاركني بالرأي القائل برغبة الكثيرين بالامتياز في حقل الرياضيات والإبداع فيها،

أو علـى الأقل فهمها رغم اعترافهم بصعوبتها وإدراكهم لندرة الفرص المتاحة لهم لهضمها! وعليه وفي ضمن ذلك الإطار، إليك وبين يديك الآن وسيلة سهلة تحكم بها على نفسك، فيما لو إذا كنت مؤهلا لاحتلال موقعك ضمن نسبة الواحد بالمئة (1%) من مجمل سكان المعمورة الذيـن يستحقون (وعن جدارة) لقب العارفين بالرياضيات والذين يمكن تمييزهم عن التسعة والتسعـين بالمئة الباقين! ما هو عدد المعادلات الرياضية التـي بإمكانك التعرف عليها منها؟ فإذا تمكنت من التعرف على خمسة من العشرة المذكورة، فإنك ستكون جديرا بالمواصفات السابـق ذكرها!! أما إذا صادف وأن تمكنت من التعرف عليها كلها فإنك وبلاشك ستكون أهـلا لتسنم قمة الصدارة بذكاء لن يجاريه بشر! وعليك حينها الشروع بالبحث عن كوكب آخر (ككوكب العلوم) لتعيش عليه بذكائك الخارق[1]!

إليك فيما يلـي قائمتي التي حصلت عليها من استبياني الخاص حول المعادلات الرياضية العشرة سطرت حسب تسلسلها الأكثر أهمية وتأثيرا:

According to my survey, here are the ten most influential and important mathematical expressions, listed in order of importance:

1. $E = mc^2$
2. $a^2 + b^2 = c^2$
3. $\varepsilon_0 \oint \vec{F} \cdot d\vec{A} = \sum q$
4. $x = \left(-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}\right)/(2a)$
5. $\vec{F} = m\vec{a}$
6. $1 + e^{i\pi} = 0$
7. $c = 2\pi r, \quad a = \pi r^2$
8. $F = Gm_1m_2/r^2$
9. $f(x) = \sum c_n e^{in\pi x/L}$
10. $e^{i\theta} = \cos\theta + i\sin\theta$, tied with $a^n + b^n \neq c^n, n > 2$

أمـا المعادلات الرياضية الأخرى والتي لم تنل حظوة التربع بين العشرة الأفاضل على عرش

(1) أصل النص:

(You are worthy of cavorting with the antediluvian Gods!)

القمة، وإنما نالت استحسان وإعجاب المصوتين لها فهي:

1. $f(x) = f(a) + f'(a)(x - a) + f''(a)(x - a)^2/2! .$
2. $s = vt + at^2/2$
3. $V = IR$
4. $z \to z^2 + \mu$
5. $e = \lim_{n \to \infty}(1 + 1/n)^n$
6. $c^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos C$
7. $\int K dA = 2\pi \times \chi$
8. $\mathrm{d}/\mathrm{d}x \int_a^x f(t)\mathrm{d}t = f(x)$
9. $1/(2\pi i) \oint f(z)/(z - a)dz = f(a)$
10. $dy/dx = \lim_{h \to 0}(f(x + h) - f(x))/h$
11. $\partial^2\psi/\partial x^2 = -[8\pi^2 m/h^2(E - V)]\psi$

هل تمكنت من التعرف على أي منها؟ سأشرح لك باختصار بعضا منها فيما بعد فلك مني التقدير على صبرك والاحترام للملكتك الرياضية التي أهلتـك للوصول إلى المشارف النهائية لهذا الكتاب...

نيكاراكوا وقائمة الطوابع البريدية الفريدة التي أصدرتها:

فيما يلي القائمة المختارة للمعادلات الرياضية التي أهلتها لموقع الصدارة ضمن:

(Las 10 Formulas Matematicas Que Cambiaron La Faz La Terra)

ورجائي منك مقارنتها بقائمة (الفضليات العشرة) التي تمكنت أنا من الحصول عليها وإدراجها هنا بعد الاستفتاء الذي قمت به:

1. $1 + 1 = 2$
2. $F = Gm_1m_2/r^2$
3. $E = mc^2$
4. $e^{\ln N} = N$
5. $a^2 + b^2 = c^2$
6. $S = k \log W$
7. $V = V_e \ln m_0/m_1$
8. $\lambda = h/mv$
9. $\nabla^2 E = (K\mu/c^2)(\partial^2 E/\partial t^2)$
10. $F_1 x_1 = F_2 x_2$

وإليك تفسير ما سبق...[1]

1 – معادلة الجمع الأساسية

2 – قانون نيوتن للجذب العام: إذا فصلت مسافة وقدرها (r) بين كتلتين (m1) و (m2)، فإن القوة التي تؤثر بها إحداها على الأخرى هي F1 باعتبار (G) ثابتا طبيعيا.

3 – معادلة اينشتين لتحويل الكتلة إلى طاقة.

4 – معادلة جون نابييه (Johu Napier) للوغارثم الطبيعي: يمكنك استخدام هذه المعادلة لإجراء عمليات الضرب والقسمة على الأعداد ببساطة تامة وذلك بإجراء عمليات الجمع والطرح على لوغارتماتها الطبيعية.

(1) (... سأنبئك بتأويل ما لم تستطع عليه صبراً) سورة الكهف الآية (78)(المترجم).

5 – نظرية فيثاغورس التي تحكم العلاقة التربيعية (أي المساحة) بين أضلاع المثلث القائم الزاوية الثلاثة.

6 – معادلة بولزمن (Bolzmann) لتصرف الغازات.

7 – معادلة (قسطنطين تسيولكو فسكي – Konstantin Tsiolkovsky) لإطلاق الصواريخ والتي تحكم سرعة صاروخ منطلق كلما أمعن في إحراق وقوده.

8 – المعادلــة الموجية (لبروكلــي – Broglie) والتي تحكم ربــط كتلة جسيم – موجي بإزاحتــه وطوله الموجي مستخدمة (h – وهو ثابت بلانك)، لقد افترض [لوي دي بروكلي Louis de Broglie (1892–1987)] بمعادلته هذه امتلاك الإلكترون صفات موجية، وضرورة حيازة الجسيمات المادية لأطوال موجية تصاحبها.

9 – معادلــة تفســير تصرف الإشعاعــات الكهرومغناطيسية التــي اشتقت من معادلات (ماكسويــل – Maxwell)، وتمثــل الأساس الفعلي لكافة العمليــات الرياضية والحسابات الإلكترونيــة التي تتضمن الموجــات الكهرومغناطيسية وكافة تطبيقاتها بمــا في ذلك أجهزة الحاســوب والراديو والاتصالات والرادار والضوء المرئــي والإشعاعات فوق البنفسجية وما دون الحمراء والإشعاعات الحرارية والراديوية وأشعة إكس.

10 – معادلة مستويات قوى عتلات ارخميدس.

أدرج فيما يلي تعليقي الشخصي وتوضيحاتي لبعض المعادلات التي احتلت موقع الصدارة في استفتائي الخاص آنف الذكر فمثلا:

مثلت المعادلة الثالثة: إحدى معادلات مكسويل للكهرومغناطيسية.

كما **مثلت المعادلة الرابعة:** الشكل العام لحل كافة المعادلات الآنية من فئة:

أس 2 + ت س + ج = 0 $ax^2 + bx + c = 0$

ومثلث المعادلة الخامسة: القانون الثاني لنيوتن، والذي يحكم علاقة القوة بالكتلة وتعجيلها.

ومثلت المعادلة السابعة: علاقة مساحة أي دائرة بمحيطها.

ومثلــت المعادلة التاســعة: متوالية فورييــه (Fourier series) وتبــين إمكانية تمثيل مختلف

الاضطرابات الموجية المعقدة بشكل حاصل جمع مجموعة من الموجات (جيبية الشكل).

وفي المرتبة العاشرة: ظهرت متطابقة (يولر – Euler) والتي تربط دوالا أُسية مع أخرى من حقـل (المثلثات). في شطرها الأول، وظهرت النظرية الأخـيرة (لفرمات – Fermat) في شطرها الثاني.

(وهي نظرية من نظريات الأرقام تنص على أنه لا يمكن حل المعادلة التالية ($x^n + y^n = z^n$) ($n>2$) و ($x,y,z>0$).

أمـا من بين مجموعـة العشر معادلات اللائي نلن الإعجاب دون بلـوغ مركز الصدارة بين (الفضليـات الأول)... فتمثل معادلـة المرتبة السابعة: قانون (كاوس – بونيت – Gauss Bonnet) والتي يمثل الرمز (x) فيها خاصية يولر...، (هذا ومما تجدر الإشارة إليه هنا هو أهميـة تطبيقاتها في مجالات (التفاضل) الهندسـي والاهتمامات المتعلقة بانحناءات الأسطح والمستويـات). وأخيرا، وضمن هذه القائمة مثلت معادلة المرتبـة التاسعة: قانون (كوشي – Cauchy) العددي في مضمار التحليل المعقد.

أشـير هنـا – وبمزيد من التقديـر – إلى ثلة المشاركـين الذين اقترحوا تزكيـة (النظرية الأخيرة لفرمات) لموقـع تستحقـه فـي قائمـة المعادلات العشـرة الأكثر تأثيرا وأهميـة وكان تبريرهـم لذلك هـو جسامـة الجهد البحثي وعمق التفكير الرياضي الذي انصب في مجرى إثباتها، تنص هـذه النظرية التي وضعها [بيير دو فرمـات (1601–1665) Pierre de Fermat] علـى استحالـة وجـود أعداد كاملة كـ a، b، c، تطابق شرط المساواة التالية ؛

$$a^n + b^n = c^n \text{ for } n>2$$

ولقد تأخر اثبات صحة هذه النظرية حتى عام (1995) حين تمكن الرياضي البريطاني المولد – الامريكي الجنسية (اندرو ويلس – Andrew Wils) والمولود عام (1953)، من نشـر بحثه الشهير الذي أمكن بواسطته الاطمئنان أخيرا إلى صحـة إثباتها، وقد تـم نشـر ذلك البحـث فـي دوريـة (حوليات الرياضيات Annals of Mathematics).

وقد تعجـب عزيزي القارئ وتتساءل عن السر الدفين وراء اهتمـام أولئك العلماء الأفذاذ

بالأرقـام المجـردة وسعيهم الـدؤوب لإثبات أن ما لا يصـح هناك قد يصح هنـا أو تعجب لإهلاكهم الوقت وإفنائهم العمر لإثبات أو نفي صحـة علاقـة هذا الرقم بذاك...

وفي هذا المجال أسوق إليك محاولة العالم (يولر) آنف الذكر (Leonard Euler) والذي آمن باستحالـة وجـود الأرقام التي تصح لحل القانون الذي يربط العلاقة التالية:

$$a^4 + b^4 + c^4 = d^4$$

مرت مياه الخلجان إلى بحارهـا ودارت الأرض حول شمسها لقرنين كاملين حتى ظهر (ناووم الكيز - Noam Elkies)[1] من (جامعـة هارفـرد) والـذي اعتبر أول من تمكـن من الدخـول إلـى حصن تلك المتطابقة بتقديمه الحل الصحيح لها وهو: a =2،682،440 و b = 15،365.639 و c = 18،796،760 و d = 20،516،673 وبذلـك فنـد فرضية استحالة حلها!

(1) ولد في 25 آب (اغسطس) 1966. وهو رياضي وأستاذ شطرنج أمريكي. ظهرت بوادر عبقريته الرياضية منذ ربيعه الرابع عشر حين حصل على الميدالية الذهبية والدرجة النهائية في (أولمبياد الرياضيات العالمي). ربح (منافسات الـ - (- Ptnam Competition وهو بعمر 16 سنة وأربعة أشهر ونال درجة الدكتوراه وهو بعمر 20 عاما. وبفضل إنجازاته في الرياضيات أصبح أصغر أستاذ في جامعة هارفرد. (المترجم).

الفيزياء وعلاقتها بالدين

- (من دواعي أسفي وحسرتي أن أعترف لكم بأنني لم أكره شيئاً في حياتي أشد من كرهي للرياضيات! إنني أمقتها أكثر من مقتي للموت نفسه!! إنها لا تفسح أي مجال للنقاش ولا تبدي أي مرونة للمساومة!! كل ما عليك فعله هو ارتكاب غلطة واحدة وينتهي كل شيء...)

مالكولم اكس
Malcolm X، Mascot
مقتطف من كتاب (التميمة).

- لقد بُينت حقيقة وعمق الإيمان الديني ووضوح العقيدة التي تحلى بها جل العلماء والفيزيائيين الذين مررنا بتفاصيل حياتهم خلال الفصول السابقة وفي أماكن عدة من هذا الكتاب. ولعله بالإمكان تفسير ذلك وإرجاع سببه إلى موازاة البحث الصادق والرغبة المخلصة في فهم وتفسير أسرار الكون مع الإرادة الروحية والإيمان الخالص في فهم وتفسير إرادة الله (عز وجل) والتقرب إليه، فلا خلاف بين أحد حول وجود العديد من نقاط ومساحات الالتقاء بين العقيدة الدينية والملكة الرياضية، فكلاهما ناضل ومنذ فجر الإنسانية لفهم وتوضيح العلاقات المتداخلة وحاول الإجابة على الأسئلة الأزلية والمفاهيم المتقاطعة والتي شغلت ذهن البشرية حول جوهر الإنسان وكنهه، والكون وموجده والنهاية وأين هي؟، واللانهاية وما هيتها! وكلاهما، بلاشك كان وما يزال يتسلح بالكثير من الرموز والطلاسم والطقوس والمناسبات، ولكل منهما لغته الخاصة التي لا تخلو من الرهبة والغموض.

ولعل أكثر ما يقارب بين الدين والرياضيات هو دأبهما المستمر على إذكاء ملكة التفكير في عقولنا وقدح قابلية الخيال في أذهاننا، فالرياضيون والفيزيائيون النظريون يماثلون رجال الدين في دأبهم المستمر لإدراك أفضل الصيغ وأوضح المفاهيم (للحقيقة) بمفهومها المثالي، كما يحاولون تفسير أعصاها على المناورات والشك ومحاولات النقض والتفنيد، ومحاولة تطبيق ذلك في حياتنا الواقعية كلما أدركوا لذلك سبيلا.

للتحليل الفلسفي والتنظير الفكري مساحة واسعة في مناقشة كلا المواضيع الدينية والرياضية، فهل يا ترى بإمكاننا القول بأن حاجة الإنسان إلى الدين لصفاء النفس وحاجته إلى الرياضيات لإرضاء الفكر كانا الدافعين الرائدين اللذين شحذا الذهن البشري لابتكار تينك الفكرتين؟

لقد دافع (ادوارد روثستين - Edward Rothstein) مؤلف كتاب (الإيمان والمنطق والعلاقة

الخالدة) عن عمق وصدق إيمان كل من (نيوتن) و (كبلر) إضافة إلى العديد من أعلام العلوم والرياضيات وأكـد بأنه كان المحرك الأساسـ والإلهام السرمدي لكافة إنجازاتهم المشهـودة، فأكد يقول: (لقد آمن أولئـك الأفذاذ ورسخ اعتقادهم بوجود النظام الذي يحكـم الأشياء ويتحكم بالموجودات، كما آمنوا بقابلية الذهـن البشـري علـى إدراكه وأيقنوا فوق ذلك على استحالة تمتع أي منهما بالسرمدية المطلقة واللانهائية المعجزة، فتوصلوا بذلك إلى صفاء الذهن والروح...).

أما اليوم فمن منا الذي لا يزال عاجزا عن إدراك نفحة الإيمان التي زينت ذلك الاعتقاد؟

وختاما لابد لي من الاستدراك قبل طي صفحة هذا الفصل وختم هذا السفر، من التأكيد على وجود العديـد والعديد من الاختلافات بين الدين والرياضيات والتي لاشك فيها، فبينما لا يشك أحد بوجود الاختلافات والتباين بين مختلف الديانات والمعقدات، تراك لا تجد أحدا ينكر الاتفاق والإجماع الذي يوسم الرياضيين والرياضيات.

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Berry, Michael. "Paul Dirac: the Purest Soul in Physics." *Physics World*. February 1, 1998; see physicsworld.com/ews/article/print/1705.

Crease, Robert P., "The Greatest Equations Ever." *Physics World*. October 2004; see physicsweb.org/articles/world/17/10/2.

dePillis, John. *777 Mathematical Conversation Starters* (Washington, D.C.: The Mathematical Association of America, 2002).

Durrani, Matin, "Physics: Past, Present, Future." *Physics World*. December 1999; see physicsweb.org/articles/world/12/12/14.

Dyson, Freeman. "Introduction." in John Cornwell's *Nature's Imagination* (New York: Oxford University Press, 1995).

Elkies, Noam. "On $a^4 + b^4 + c^4 = d^4$," *Mathematics of Computation*, 51(184): 825-835, 1988.

Farmelo, Graham. *It Must Be Beautiful: Great Equations of Modern Science* (New York: Granata Books, 2003).

Galison, Peter. "The Suppressed Drawing: Paul Dirac's Hidden Geometry." *Representations*, 72: 145–166, 2000.

Guillen, Michael. *Five Equations That Changed the World* (New York: Hyperion, 1995).

Murray, Charles. *Human Accomplishment: The Pursuit of Excellence in the Arts and Sciences, 800 B.C. to 1950* (New York: Harper Perennial, 2004).

Pickover, Clifford. *The Loom of God* (New York: Plenum, 1997).

Pickover, Clifford. *A Passion for Mathematics* (Hackensack, N.J.: Wiley, 2005).

Pickover, Clifford, *Wonders of Numbers* (New York: Oxford, 2001).
Rothstein, Edward, "Reason and Faith, Eternally Bound," *New York Times*, B7, p. 7, December 20, 2003.
Simmons, John Galbraith, *The Scientific 100: A Ranking of the Most Influential Scientists, Past and Present* (New York: Citadel Press, 2000).
Weinberg, Steven "Sokal's Hoax," *New York Review of Books*, 43(13): 11–15, August 8, 1996.

أفكار فلسفية و آراء للمناقشة:

- بإمكاننا الجزم اليوم بأنه لا يوجد في ذهن بشر ولم يخط على صفحة كتاب (ولحد الآن) أي قانون يمكن اعتباره قانونا كونيا شامل التطبيق في كل زمان ومكان (اللهم ما يمكن استثناؤه من قوانين المبادئ العامة لميكانيكا الكم). ولكن لنا أن نستدرك ونقول بأن أغلب القوانين التي طورها العلم وإلى اليوم قد بلغت مرحلة تقرب من الكمال بشكلها النهائي وبأنها جميعا صحيحة الاستعمال حقيقية النتائج ضمن شروط كل منها وظروف تطبيقاته الخاصة به.

واينبرك
Steven Weinberg، (Sokal's Hoax)، The New York Review of Books، August 8، 1996.
مقتطف من كتاب (خدع سوكال)[1]

- يحكم نظام تشغيل الحاسوب انسياب المعطيات والمعلومات خلاله... تماما كما تحكم قوانين الكون وجهة الفيزياء ومعمارها وتصرفها، ولكني على يقين بأن للزمن القدرة على إنضاج وتطوير العديد من أسس المعمار وأنظمة التشغيل الأخرى.

سيمولن
Lee Smolin، (Never Say Always)، New Scientist، September 23، 2006
مقتطف من كتابه (لا تقل دائماً أبداً)

- تماثل محاولاتنا لتفسير القوانين الفيزيائية دون الرجوع إلى المفهوم الهندسي الفراغي، دأبنا على محاولاتنا لإيصال أفكارنا دون الاستعانة بالكلمات.

اينشتين
Albert Einstein، 1922 Kyoto Lecture.
مقتطف من محاضرة له في عام 1922.

(1) راجع الحاشية أسفل صفحة (8).(المترجم).

مصادر الكتاب ومراجعه

تفترض كافة العلوم أن هناك نظاما جميلا أخاذا بسيطا، هو الذي يُشكل القاسم المشترك العريض، والمحرك الفعال الدقيـق الـذي يحكم معظم، إن لم نقل كافة أوجه التنوع والتغاير والاختـلاف الذي يلف حياتنا ووجودنا بل وحتى كوكبنا وكوننا الفسـيح المترامي. وكبرهان على ذلك خذ أنواع - الحركة - وتشـعباتها وأساليبها ووسائلها التي لا تنتهي سواء كانت حركة خلية مفردة في نسيج حي داخل عضلة أو كان نيزكا جبارا سقط على هامة رجل منذ أجيال فقتلـه!، تجدهـا جميعا محكومة بعدد قليل جدا من قوانـين الحركة، أثبت العلم كفاءتها المتناهية في تفسـيرها جميعا. تلك هي (قوانين الحركة لنيوتن). وخذ كمثال آخر المدى الواسع من تصرفات مختلف الأجسام والمواد والأشياء عند تعرضـها للحرارة؛ تجد أن جميع التغيرات التي تطرأ عليها مفسرة بعدد قليل من القوانين عززت التجارب صمودها في توقع مآلها جميعا، تلك هي (قوانين الديناميكا الحرارية).

نولا
Robert Nola، (Laws of Nature)
مقتطف من كتابه (قوانين الطبيعة).

لقـد جمعت فيما يلـي قائمة من المصادر التـي استخدمتها في التعريـف والاستقصاء خلال رحلتي في تحقيـق هذا الكتاب، كما أضفـت مصادر أخرى ضمن متنه وبعد كل فصـل فيه، وأضفت كذلك مواقع محددة على الشبكة العنكبوتية العالمية لمواضيع وكتب وصحف ودوريات حيثما اقتضت الحاجة لذلك. ولا يغيب عن ذهني ولا عن ذهن القارئ الفطن بأن للكثير من المواقع الإلكترونية صفة الظهور والاختفاء فضلا عن تغير بعض مفرداتها وعناوينها ولذلك وجب التنويه على أنها قد زودت هذا الكتاب ومؤلفـه، بزاد ثر من المعلومـات والإيضاحات وقت كتابته، كما لا يغيب عن ذهني قابليتك – عزيزي القارئ – ولا قابلية بقية القراء على إيجاد – بل واستحداث – العديد من تلك المواقع التي ستزيدك من تفاصيل أي قانون ذكر متى ما شئت الاستزادة. وهنا استميحك عذرا عن أي سهو كان قد حدث رغما عنـي في إغفال أو عدم ذكـر أي مبدأ أو قانون تعتقد بأهميته، أو بأني قـد أغفلت توضيحه أو مناقشته بالدرجة المبتغاة، وأتمنى عليك أن تخبرني بذلك، فبإمكانك زيارة موقعي على الشبكة العنكبوتية العالمية وهو: www.pickover.com، أو أن ترسل لي رسالة إلكترونية، تُطلعني فيها على أي قانون تعتقد بأهميته وضرورة توضيحه بالنظر لتأثيره وإسهاماته في حياتنا اليوم أو لأهميته في تاريخ العلوم...

References

Arons, Arnold, *Development of Concepts of Physics* (Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1965).

Atiyah, Michael, "Pulling the Strings," *Nature*, 438: 1081-1082, December 22, 2005.

Bothamley, Jennifer, *Dictionary of Theories* (Washington, D.C.: Gale Research International Ltd., 1993).

Bryson, Bill, *A Short History of Nearly Everything* (New York: Random House, 2003).

Bueche, Frederick, *Introduction to Physics for Scientists and Engineers* (New York: McGraw Hill, 1975).

Carroll, John W., "Laws of Nature," in *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, see plato.stanford.edu/entries/laws-of-nature/.

Casti, John, *Paradigms Lost* (New York: William Morrow, 1989).

Considine, Douglas, managing editor, *Van Nostrand's Scientific Encyclopedia*, 7th edition (New York: Van Nostrand Reinhold, 1989).

Cropper, William, *Great Physicists* (New York: Oxford University Press, 2001)

Durbin, Paul, *Dictionary of Concepts in the Philosophy of Science* (New York: Greenwood Press, 1988).

Encyclopædia Britannica, www.britannica.com/.

Farmelo, Graham, *It Must Be Beautiful: Great Equations of Modern Science* (New York: Granta Books, 2002).

Feynman, Richard, *The Character of Physical Law* (New York, Modern Library, 1994).

Francis, Erik Max, "The Laws List"; see www.alcyone.com/max/physics/laws/.

Frayn, Michael, *The Human Touch* (New York: Metropolitan Books, 2006).

Gardner, Martin, *Order and Surprise* (Amherst, N.Y.: Prometheus, 1983), chapter 4

Gillispie, Charles C., editor-in-chief, *Dictionary of Scientific Biography* (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Grun, Bernard, *The Timetables of History* (New York: Touchstone, 1975).

Guillen, Michael, *Five Equations That Changed the World* (New York: Hyperion, 1995).

Hall, Carl W., *Laws and Models* (Boca Raton, Fla.: CRC Press, 1999).

Halliday, David, and Robert Resnick, *Physics* (New York: John Wiley & Sons, 1966).

Hart, Michael, *The 100: A Ranking of the Most Influential Persons in History* (New York: Hart Publishing Company, 1978)

Hawking, Stephen, *Black Holes and Baby Universes* (New York: Bantam, 1993).

Kaku, Michio, "Parallel Universes, the Matrix, and Superintelligence," KurzweilAI.net, June 26, 2003; see www.kurzweilai.net/meme/frame.html?main=/articles/art0585.html.

Krauss, Lawrence, *Fear of Physics* (New York: Basic Books, 1993).

Krebs, Robert, *Scientific Laws, Principles, and Theories* (Westport, Conn.: Greenwood Press, 2001).

Merton, Robert K., *The Sociology of Science* (Chicago: University of Chicago Press, 1973).

Nave, Carl R. (Rod), "HyperPhysics," Department of Physics and Astronomy, Georgia State University; see hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/HBASE/hframe.html.

O'Connor, John J., and Edmund F. Robertson, *The MacTutor History of Mathematics Archives*, School of Mathematics and Statistics, University of St. Andrews, Scotland: see www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/.

Parker, Sylvia, editor-in chief, *McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology*, 8th edition (New York: McGraw-Hill, 1997).

Penrose, Roger, *The Road to Reality* (New York: Knopf, 2005).

Peterson, Ivars, "MathTrek Archives"; see www.sciencenews.org/pages/sn_weekly/math_arc.asp.

Pickover, Clifford, *A Passion for Mathematics* (New York: Wiley, 2005)

Smolin, Lee, "Never Say Always," *New Scientist*, 191(2570): 30–35, September 23, 2006.

Tipler, Paul, *Physics* (New York: Worth Publishers, 1976).

Trefil, James, *The Nature of Science* (New York: Houghton Mifflin Company, 2003).

Weisstein, Eric, "Eric Weisstein's World of Physics"; see scienceworld.wolfram.com/physics.

Weisstein, Eric, "Eric Weisstein's World of Science"; see scienceworld.wolfram.com/search/.

Wikipedia: The Free Encyclopedia; see en.wikipedia.org/.

Wikipedia, "List of Laws in Science"; see en.wikipedia.org/wiki/ List_of_laws_in_science.

Wikipedia, "Scientific Laws Named after People"; see en.wikipedia.org/wiki/Scientific_laws_named_after_people.

Wilson, Jerry, "Scientific Laws, Hypotheses, and Theories"; see wilstar.com/theories.htm.

هنا وهناك، في هذا البلد أو ذاك. من منا لم تجذب نظره النصب العظيمة والملاحم الخالدة، التي تصور العديد من عتيد جنرالات الحرب ممتطين صهوات جيادهم الوثابة، عابرين بجنودهم إلى ذرى النصر المؤزر؟! أو لم يلاحظ أحد تلك التماثيل التي تُشخص (الملهمين) من الرؤساء والملوك والأباطرة محيين شعوبهم المقهورة موحين إليهم بوجود تيجان الغار والذهب وهي تزين رؤوسهم رغم بطونهم الجائعة الخاوية؟!

تملأ هذه المشاهد العالم حيثما ذهبت!!... ولكنك قلما تهتدي إلى شاهدة صخرية قد حُفر عليها نعي عالم أو أديب، ونادرا ما تصادف قطعة رخام نُسيَ بجانبها إكليل ورد يُخلد مصلح أو يمجد مخترع أو حتى لتدلك على مثواه الأخير... ولكنني أحلم وليتك تحلم معي وتصلي حتى تؤول مثل هذه الأحوال إلى زوال...

أحاول أن أصدق أن التاريخ سيشهد (وبعد آلاف من السنين) تغيرا بيننا في هذه الحال بحيث ينعم أطفال وشباب المستقبل البعيد بعقول نيرة وشجاعة كافية لُيثمنوا ما قام به أولئك النساء والرجال الذين ملأت التضحية حياتهم وعطر الإيثار أنفسهم وجندوا أوقاتهم وخاضوا غمار المغامرة والمجهول من أجل إحياء فكرة أو تجسيد اختراع أو إثبات نظرية أو تصحيح قانون...، ويدركوا بأن أفرادا من أولئك الأجداد كانوا وحدهم - بدمهم وعرقهم وبوحي عقولهم، هم من هدى عالم المستقبل (عالمهم) إلى ما يرفل به من بحبوحة وخير عميم وإنجازات علمية وأخلاقية ونعيم.

هذا فقط إن تحقق حلمي وأجيبت صلواتك.

لوون
Hendrik Williem van Loon، (The Story of Mankind)
مقتطف من كتابه (قصة البشرية).

تعريف بالمؤلف:

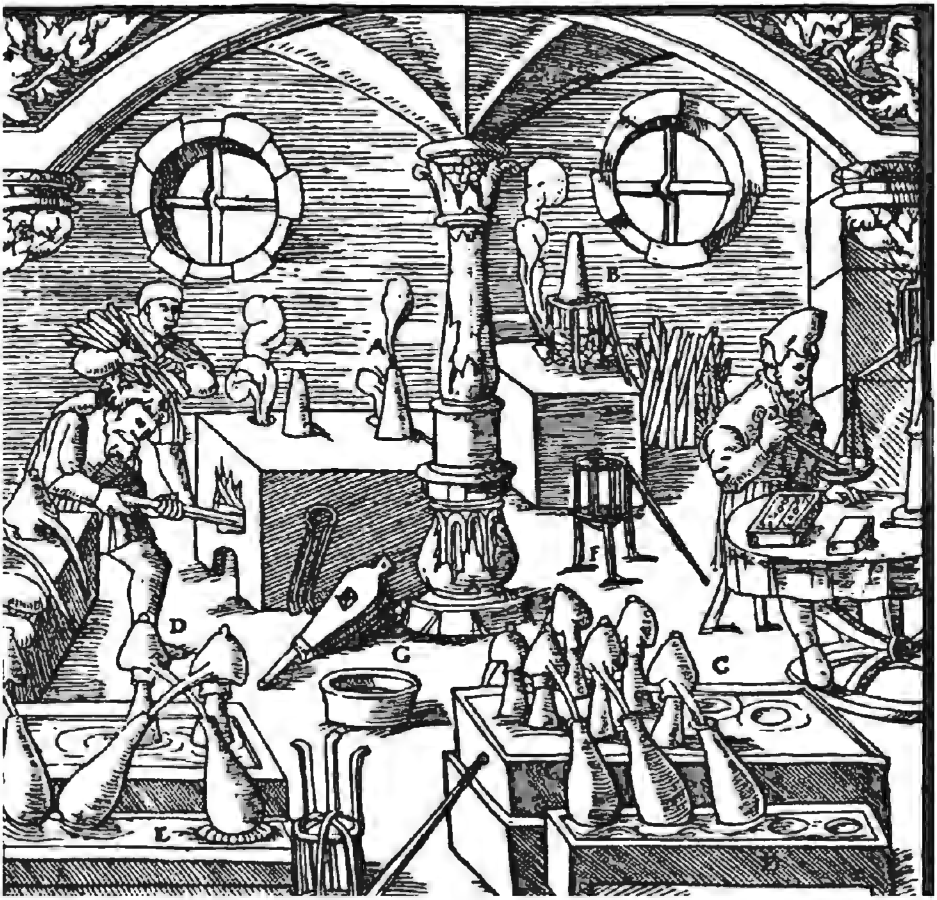
مؤلف هذا الكتاب هو الدكتور (كلفورد أ. بكفر Clifford A. Pickover) الحائز على شهادة الدكتوراه (Ph.D.) من قسم الفيزياء الحيوية الجزيئية والكيمياء الحيوية في جامعة ييل (Yale Univ.) الأمريكية. تخرج الأول على دفعته من كلية (فرانكلن ومارشل - Franklin and Marshall College) بعد إكماله لمتطلبات الدراسة الأولية الأربع بثلاث فقط. تُرجمت كتبه العديدة إلى اللغات؛ الإيطالية والفرنسية واليونانية والألمانية واليابانية والصينية والكورية إضافة إلى اللغات البرتغالية والإسبانية والتركية والصربية والرومانية والبولندية - والآن بحمد الله ومنته إلى العربية.

يعد الدكتور (بكوفر)، وعن جدارة، واحدا من أغزر المؤلفين إنتاجا ومن أكثرهم حرصا على اختيار المواضيع الجذابة والممتعة والمتنوعة لكتبه التي شملت طيفا واسعا من خضم المعرفة والعلوم، فهو قد قام بتأليف العديد من الكتب التي اشتهرت وذاع صيتها عالميا، وفيما يلي أقدم إليك قائمة ملخصة بعناوينها المترجمة مشفوعة بالعناوين الأصلية وسنين النشر وناشيرها.

فايروس السماوات عام (2007) ومرشد المبتدئين إلى الخلود عام (2007) وشريط (موبس) عام (2006) والجنس والمخدرات واينشتين والمغني الفس برسلي عام (2005) والرياضيات والشغف بها عام (2004) والبيزا والهندسة التحليلية عام (2003) والله والعلم الشمولي عام (2002) ونجوم السماء عام (2001) وزين[1] والمربع السحري والدوائر والنجوم عام (2001) والحلم بالمستقبل عام (2000)) والفتاة التي أنجبت أرانبا عام 2001) وعجائب الأرقام عام (2000) والسباحة فيما وراء الفضاء عام (1999) وعلم المخلوقات الفضائية عام (1998) ومرشد المسافرين عبر الزمن عام (1998) والعبقرية والعقول الغريبة: أسرار حياة العلماء غريبي الأطوار والمجانين عام (1998) واختبار الذكاء (IQ) للمخلوقات الفضائية عام (1997) ومفاتيح السرمدية عام (1995).

وتأصيلا للفائدة ولمحبي الاطلاع ارتأيتُ إدراج كتب (الدكتور بكوفر) وأسماء ناشريها بلغته الأصلية لتسهيل مهمة الحصول عليها...

(1) Zen - (مدرسة دينية بوذية - المترجم)



Pickover is author of the popular books The Heaven Virus (Lulu, 2007), A Beginner's Guide to Immortality (Thunder's Mouth Press, 2007), The Möbius Strip (Thunder's Mouth Press, 2006), Sex, Drugs, Einstein, and Elves (Smart Publications, 2005), A Passion for Mathematics (Wiley, 2004), Calculus and Pizza (Wiley, 2003), The Paradox of God and the Science of Omniscience (Palgrave/St. Martin's Press, 2002), The Stars of Heaven (Oxford University Press, 2001), The Zen of Magic Squares, Circles, and Stars (Princeton University Press, 2001), Dreaming the Future (Prometheus, 2001), Wonders of Numbers (Oxford University Press, 2000), The Girl Who Gave Birth to Rabbits (Prometheus, 2000), Surfing Through Hyperspace (Oxford University Press, 1999), The Science of Aliens (Basic Books, 1998), Time: A Traveler's Guide (Oxford University Press, 1998), Strange Brains and Genius: The Secret Lives of Eccentric Scientists and Madmen (Plenum, 1998), The Alien IQ Test (Basic Books, 1997), The Loom of God (Plenum, 1997), Black Holes: A Traveler's Guide (Wiley, 1996), and Keys to Infinity (Wiley, 1995).

ألـف (بكوفر) كذلك كتبا أخـرى بعناوين ومواضيـع متشعبة ضمت أفـكارا شيقة مثل الفوضى في أرض العجائب: مغامرات بصرية في العوالم التجازئية[1] عام (1994) ومتاهات وأحـاج ذهنية: ما لا تتوقعه مـن الحواسيب عام (1992) والحواسيب والخيال عام (1991) والحواسيب والنظام والفوضى والجمال عام (1990).

واليك عناوينها وأسماء ناشريها بالإنكليزية.

Chaos in Wonderland: Visual Adventures in a Fractal World (1994), Mazes for the Mind: Computers and the Unexpected (1992), Computers and the Imagination (1991), and Computers, Pattern, Chaos, and Beauty (1990), all published by St. Martin's Press

كتب مؤلفنا إضافة لما سبق ما ينيف على (200) مقالة منشورة في ميادين العلوم والفنون والرياضيات: كما ساهم مع (بيرز انتوني – Piers Anthony) في تأليف كتاب أرجل العنكبوت عام (1998).

يشغـل (بكوفر) اليوم منصب نائب رئيس تحرير المجلـة العلمية المعروفة باسم (الحواسيب وفنـون التصميم التشكيليـة – Compters Graphics) كمـا يشغـل منصـب عضـو في هيئـة تحرير الدوريات المرموقـة التالية (الاوديسـة – Odyssey) و (ليوناردو – Leonardo) (و ي. ل. ي. م (...Y.L.E.M).

كمـا قام بتحريـر العديد من الكتب هي: الفوضى والمجسمـات المتماثلة: جولة في قابلية الحواسيـب التشكيلية عام (1998) وكتاب المرشد في الفنون والطبيعة والمجسمات المتماثلة عـام (1995) وآراء مستقبليـة في الفـن والتكنولوجيـا والحواسيـب في القـرن القادم عام (1993) وصحتـك في المستقبل عـام (1995) وآفاق المجسمـات المتشابهة عام (1996) وتصور المعلومات الحياتية عام (1995) وإليك عناوينها ودور نشرها بالإنكليزية:

Editor of the books Chaos and Fractals: A Computer Graphical Journey (Elsevier, 1998), The Pattern Book: Fractals, Art, and Nature (World Scientific, 1995), Visions of the Future: Art, Technology, and Computing in the Next Century (St. Martin's Press, 1993), Future Health (St. Martin's Press, 1995), Fractal Horizons (St. Martin's

(1) Fractal أو Fractus – وتعني قابلية أي جزء مهما صغر من مادة أو نظام على احتواء وعكس كافة الصفات والخصوصيات لتلك المادة أو ذاك النظام. (المترجم).

Press, 1996), and Visualizing Biological Information (World Scientific, 1995),

وساهـم، مع آخرين بتحرير كتب أخرى هي (المتماثلـة الحلزونية عام 1992 و (مشارف المنظور العلمي عام 1994). وعناوينها وناشيريها كما يلي:

coeditor of the books Spiral Symmetry (World Scientific, 1992) and Frontiers in Scientific Visualization (Wiley, 1994),

امتاز بكوفر بالموسوعية، وجل ما جذب ويجذب انتباهه واهتمامه هو استمرارية الإبداع وذلك بالبحث عـن المشترك ما بين خفايا ونكت وطرائف الفنون والعلوم والرياضيات وما بينها وبين ما يشاركها من مجالات أخرى من الإبداع والنشاط البشري والتي قد تبدو وكأنها لا تمت إحداها للأخرى ولا لأمهات العلوم بصلة.

أشارت مجلـة (النيويورك تايمـز The New York Times) إليـه قائلــة: [مـازال (بكوفر) يقتحـم ويفسـر لنـا عـوالم تفـوق الحقيقة التي نعيّها]، وكتبت (اللوس انجلز تايمـز - The los Angeles Times)-[بان (بكوفر) قد تمكن من نشر كتاب واحد على الأقـل في السنة وهذه طاقـة خلق وإبداع بشرية تحرج وبلاشك ليـس فقط حدود وقابليات الحواسيـب، وإنما كذلك تشحـذ وتحرج خيال الفن وآفاق الفكـر والمفكرين!]. لقد حصل باكوفـر على الجائزة الأولى في مسابقة (جمال وفتنة الفيزياء) التي أقامها معهد الفيزياء، كما نشـرت له العديد من الصـور والتشكيلات والمخططـات ورسوم الكارتـون والكاريكاتير كصفحات غلاف للعديد من المجلات واسعة الانتشار، هذا بالإضافة إلى الجهد الكبير والسعي الحثيـث للفوز بمقابلاته وتصريحاته من قبل العديد من الصحف ووسائل الإعلام بما في ذلك - النشرة العلمية الأسبوعية التي تذيعهـا تلفزيونيا شبكـة (CNN)الأمريكية الشهيرة بعنوان (العلـوم والتكنولوجيا أسبوعيا) وقناة (دسكفـري -Discovery) التابعة لمجلة (ناشونال جيوكرافيك - National Geographic) ذائعة الصيت ومجـلات مرموقة أخرى مثل (النيويـورك تايمز - The New York Times) و (سينس نيــوز - Science News) و(الواشنطـن بوسـت -The Woshington Post) و (ويـــرد - Wired) ومجلة (كرسشن سايـنس مونتـر - The Christion Science Monitor) كما يطلبه ويسعى

للقائه العديد من أمناء المتاحف، ويُدعى إلى العديد من المعارض والمنتديات والمؤتمرات في مختلف الحقول والاختصاصات. وصفته مجلة (اومني – Omni) بأنه الموازي والمقابل في قرننا العشرين للعبقري المشهور (فان ليفنهوك -Van Leeuwenhoek)[1] كما نشرت مجلة (سينتفك أمريكان – Scientific American) العديد من أعماله وتشكيلاته الإلكترونية ووصفتها بأنها تمتاز بالجمال والغرابة وتعكس الحقيقة بإعجاب، وكتبت مجلة (ويرد – Wired) بحقه ما يلي: كان تفكير (بكي فلر – Bucky Fuller)[2] ثاقبا وتفكير (ارثرك. كلارك – Arther C. Clark)[3] خارقا. أما تفكير (كلف بكوفر – Cliff Pickover) فقد فاق الاثنين معا!!.

حصل على ما ينيف عن (40) براءة اختراع أمريكية اختص أغلبها بتطوير وتحسين مظاهر الحواسيب واستخداماتها. كتب لعدة سنوات عموده الشهير (الذهن المتوقد) لمجلة (دسكفر – Discover) ويكتب في الوقت الحاضر – وباستمرار – عموده المرغوب جدا من قبل القراء بعنوان (شحذ الدماغ) في مجلة (الاوديسه –Odyssey). نالت مفكراته وتقاويمه ومجاميع كروت لعبه والتي حملت بمجموعها عنوان (أحاجٍ وألغاز بصرية عصية على الإدراك) إعجاب كل من اطلع عليها واعتبرت من بين أشهر إبداعاته.

يمارس بكوفر هوايات رياضية وعلمية من بينها (رياضة الـ تاي – جي شوان

(1) Autonie Philips Van Leeuwenhoek – تاجر وعالم موسوعي هولندي ولد في عام 1632م.(عرف بأبي علم الميكروبات. برع في حقل العدسات وصناعة الميكروسكوبات وكان أول من فحص أجزاء الحيوان والنبات تحت المجهر وأول من راقب الحيوانات المنوية البشرية وخلايا الدم بواسطته ولكنه لم يكتب كتابا قط في حياته!(المترجم).

(2) Buckminster Fuller – معماري وكاتب ومصمم ومستقبلي (ذو أفكار مستقبلية) ومخترع أمريكي ولد في ماساجوستس عام 1895 وتوفي عن عمر ناهز الـ 87 عاما، نذر نفسه للإجابة على سؤاله المحدد: هل سيتمكن الإنسان من الاستمرار بالعيش على ظهر كوكب الأرض؟! لم يتحصل على درجة أكاديمية ولكنه ألف أكثر من 30 كتابا وعرف عالميا.(المترجم).

(3) Sir Arthur C. Clark – كاتب خيالي علمي ومخترع ومستقبلي بريطاني ولد عام (1917). كتب روايته الشهيرة الأوديسا (Odyssey) وهي ملحمة فضائية في عام (2001). وعاش حتى بلغ الحادية والتسعين من عمره. نال لقب فارس وخدم كفني رادار في السلاح الملكي البريطاني وكان أول من جاء بفكرة الملاحة الفضائية العالمية عام (1945). نال عليها جائزة ذهبية وترأس جمعية الكواكب البريطانية وهاجر وتوفي في سريلانكا.(المترجم).

- Tai-Chi Chuan [1] و(شاولن كنك فو Shaolin Kung Fu)[2].

و(الجانك شيه - Chang Shih)[3] إضافة إلى العزف على البيانو.

يؤكد (د. بكوفر) إن من أسعد أوقاته هي تلك التي يقضيها أمام حوض أسماكه المملوءة بحوالي (110) غالون من الماء والمملوء بنوع السمك الغريب المسمى بـ (ليما شوفلنوز كاتفش - Lima Shovelnose Catfish) والذي يعتبر كائنا غريبا بحق أشبه ما يكون بسمك القرش ولكن بعينين صغيرتين بعيدتين عن مستوى الرأس كعيون المخلوقات الفضائية وينصح قراءه دائما بالاحتفاظ بمثل تلك (الأسماك) الغريبة لإثارة روح المغامرة والغموض في حياتهم!! ويدعي بأن في النظر إلى عيون تلك المخلوقات (الشيطانية) إمكانية الانسياق بأحلام تمازج فيك خبرة الحياة بالموت وتغوص بك في بحور من الخيال والإعجاز!! فتحس بروعة الفكر وبنعم الفردوس!!

بإمكانك زيارة الصفحة الإلكترونية الخاصة (بالدكتور بكوفر) على الشبكة العنكبوتية العالمية وعلى عنوانه التالي: www.pickover.com

والتي قد بلغ عدد زوارها ولساعة طباعة هذا الكتاب عام 2009 ما ينيف على المليون زائر، كما بإمكانك الكتابة إليه عبر بريده الإلكتروني على الصفحة المذكورة أو إرسال رسالة بريدية إلى عنوانه التالي باسمه: ص ب 549 ملوود، (P.O.Box 549. Millwood، NY 10546-0549، USA.) - نيويورك.

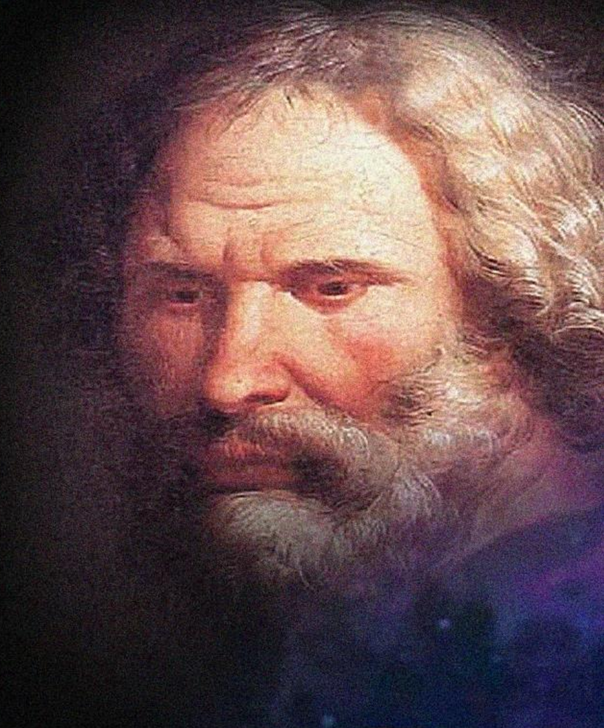
---

(1) Tai - Chi Chuan - فن قتالي صيني يمارس لغايات صحية ودفاعية يتضمن تقنيات صعبة وأخرى سهلة ولد تدريبات خاصة وشاع في الغرب. (المترجم).

(2) Shaolin Kung Fu - فن قتالي صيني بمواصفات خاصة وبفروع تعود بجذورها وتعاليمها إلى بعض الأسر الصينية القديمة العريقة وفلسفاتها. (المترجم).

(3) Chang Shih - وقد تكتب (Zhang Shijie) وهو فن قتالي ينسب إلى الأدمرال الذي اشتهر وقاتل خلال الغزو المغولي للصين. وعرف باسمه. (المترجم).

العربية



الكتاب عبارة عن سفر غني ثرّ مثل جولات مستفيضة ومختصرة ومناقشات مفهومة وأخر غامضة، وسجالات ناجحة وغيرها فاشلة.. ما بين مبدعين أقل ما وصفوا به هو الألمعية والعبقرية.

سيقاد ذهنك ويؤخذ لبك في رحلة شيقة معطاء ليس أقلها التعرف على (معنى الحقيقة حقاً!)، و(متى سيكتشف القانون الأخير في الكون؟)، وكيف تتذوق (إثبات جمال الرياضيات ورشاقتها)، و(إدراك فضلها على سائر العلوم)، فضلاً عن معرفة (الأماكن التي عاش فيها مكتشفو القوانين ومبدعوها) ومعايشة (صبرهم ومعاناتهم) ومن ثم اكتشاف سر (أشهر عشر معادلات رياضية حملتها طوابع نيكاراجوا البريدية)!.

كما ستتعرف على مبدأ الشك (لهيزنبرك)، والمعادلات الموجية (لشرودنجر)، ومعادلات المجال (لأينشتين) ونظريته في النسبية، وما يراه (هاوكنج) بصدد هندسة ومصير الكون وتوصيفه لثقوبه السوداء، و(دلو) لتطورها البيولوجي، وعشرات غيرها.

